Aus der chirurgischen Abteilung des
Städ. Auguste-Viktoria-Krankenhauses, Berlin
(Ehem./Direktor: Prof. Dr. med. R. Maatz)

113 OSTEOSYNTHESEN VON SCHAFTBRÜCHEN DER UNTERARMKNOCHEN

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Volker Zastrow
aus Berlin

1974

Aus der chirurgischen Abteilung des
Städ. Auguste-Viktoria-Krankenhauses, Berlin
(Ehem./Direktor: Prof. Dr. med. R. Maatz)

113 OSTEOSYNTHESEN VON SCHAFTBRÜCHEN DER UNTERARMKNOCHEN

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Volker Zastrow
aus Berlin

Referent: **Prof.Dr.med.R. M a a t z**

Korreferent: Prof.Dr.med.G. F r i e d e b o l d

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fachbereiche der Freien Universität Berlin.

Promotionsdatum: 4. Februar 1974

Druck: Der Präsident der Freien Universität Berlin – Zentrale Universitätsdruckerei V aA 4, 1 Berlin 41

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	Einleitung	1
II.	Literaturübersicht	2
	A. Anatomie und Physiologie des Unterarmes	2
	B. Die Frakturen	5
	C. Die Prognose der Unterarmfrakturen	10
	D. Die Indikation zur Osteosynthese	15
	E. Die Osteosyntheseverfahren	15
	1. Die Marknagelung	15
	2. Federosteosynthese	18
	3. Die Osteosynthese der A.O.	19
	4. Die Frakturfixation nach RUSH	23
	5. Die Markdrahtung	26
III.	Eigene Fälle	27
	A. Unterarmschaftfrakturen bei Erwachsenen und Heilstörungen nach Unterarmschaftfrakturen	27
	B. Isolierte Radiusfrakturen bei Erwachsenen	42
	C. GALEAZZI-Frakturen und Radiusfrakturen mit Fraktur des Ulnaköpfchens	45
	D. Isolierte Ulnafrakturen bei Erwachsenen und Heilstörungen nach isolierten Ulnafrakturen	48
	E. MONTEGGIA-Frakturen und proximale Ulnafrakturen mit Fraktur im Bereich des Radiusköpfchens ohne Luxation und Heilstörungen nach solchen Frakturen	51
	F. Frakturen bei Kindern	55
IV.	Nachuntersuchungen	62
V.	Diskussion	72
VI.	Zusammenfassung	85

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546521_0074

I. EINLEITUNG

Der Unterarm des Menschen trägt den überwiegenden Teil der für die Bewegung der Hand und der Finger vorhandenen Muskulatur. Im Gegensatz zur unteren Extremität, die in erster Linie statischer Belastung ausgesetzt ist, steht am Unterarm die feine und differenzierte Beweglichkeit im Vordergrund. Nach einer knöchernen Verletzung erfordert dies ein gutes funktionelles Resultat bei anatomisch exakter Fragmentstellung und ungestörter Frakturheilung.

Wegen der besonders am Unterarm schwierigen Reposition und Retention der Frakturfragmente sind immer wieder Verfahren der operativen Fixation der Fragmente durch metallische Implantate erdacht, erprobt und diskutiert worden.

Die von KÜNTSCHER angewandte Marknagelung wurde von MAATZ 1943 auch am Unterarm ausgeführt und durch die Federosteosynthese ergänzt. RUSH und GELBKE veröffentlichten 1957 im deutschen Sprachraum die Frakturfixation mit dem RUSH-Pin. In den letzten 10 Jahren hat dann die Methode der schweizerischen "Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese" zahlreiche neue Orientierungspunkte gesetzt.

In einem ausgewählten Zeitraum von 1956 bis 1969 wurden im Städt.Auguste-Viktoria-Krankenhaus zahlreiche frische Frakturen im Schaftbereich eines oder beider Unterarmknochen operativ versorgt, ebenso wie eine kleine Anzahl von verzögerten Heilungen und Pseudarthrosen nach Unterarmfrakturen.
Bei diesen 113 Patienten soll in dieser Arbeit der eingeschlagene therapeutische Weg und die angewandte Osteosynthese dargestellt werden. Die Resultate dieser Behandlung - insbesondere die durch Nachuntersuchungen gewonnenen funktionellen Resultate - sollen aufgezeigt und diskutiert werden.

II. L I T E R A T U R Ü B E R S I C H T

Die Vielfalt der Formen der modernen Osteosynthese gestattet eine sinnvolle Auswahl des Osteosyntheseverfahrens besonders am Skelett des Unterarmes. Sinnvoll aber kann diese Auswahl nur sein bei Berücksichtigung der Form von Radius und Ulna, des Sitzes und der Art der Fraktur und der auf die Fragmente einwirkenden Bänder und Muskeln.
So muß dieser Arbeit - dem Bericht über einige Osteosynntheseverfahren - als Grundlage die Beschreibung der Anatomie, der Physiologie und der Frakturformen des Unter - armes vorausgehen.

A. Anatomie und Physiologie des Unterarmes

1. Der Radius

Die Form des Radius kann als "S" angesehen werden, dessen Krümmungen sowohl in der antero-posterioren als auch in der seitlichen Ansicht deutlich werden.

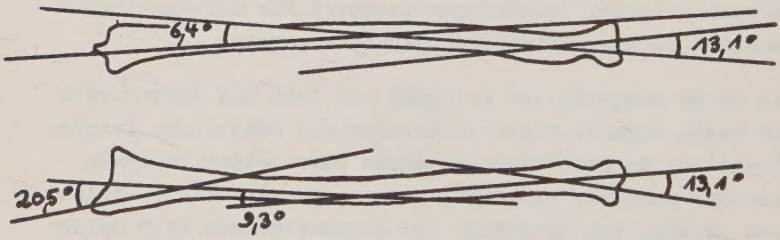


Abb.1: Schematische Darstellung der Krümmungen des Radius in der seitlichen (oben) und in der a.p.-Ansicht (n.SAGE (1959))

Die Markhöhle hat einen etwa ovalen Querschnitt, der engste Punkt liegt in 94% der Fälle in Schaftmitte. Der mittlere Durchmesser an dieser Stelle liegt bei 5,2 mm im a.p.

und 6,9 mm in der seitlichen Ansicht, allerdings wurden diese Werte von Leichenpräparaten alter und chronisch kranker Menschen gewonnen (SAGE, 1959). SAEGESSER (1963) gibt den engsten Punkt des Markraumes mit 2-5 mm an. Der Radiusschaft erscheint im mittleren, besonders aber im distalen Drittel, in der a.p.-Ansicht breiter als in der seitlichen Ansicht (TROJAN, 1953).

2. Die Ulna

Der Markraum der Ulna ist weitgehend gerade mit einer gleichmäßigen Weite von 2 - 5 mm (SAEGESSER, 1963). Eine leichte Krümmung auch der Ulna ist deutlich vorhanden (SOEUR,196o), besonders im proximalen Teil (RUSH u. GELBKE,1957).

3. Bänder und Gelenke

Radius und Ulna sind durch 2 Radioulnargelenke und eine Zwischenknochenmembran verbunden.
Im proximalen Radioulnargelenk umschließt das ligamentum anulare das Radiusköpfchen und bildet mit der incisura radialis ulnae eine ringförmige Gelenkfläche. Dieses Gelenk ist ein Teil des Ellenbogengelenkes, das vorwiegend von dem Scharniergelenk zwischen der trochlea humeri und der incisura trochlearis der Ulna gebildet wird. Das Radiusköpfchen liegt der entsprechenden Gelenkfläche des Humerus durch Muskelzug fest an.
Im distalen Radioulnargelenk umgreift die incisura ulnaris radii das Ulnaköpfchen zu einem Drittel. Die distale Gelenkfläche der Ulna ist gelenkig mit einem Discus articularis verbunden, der seinerseits nach distal dem os lunatum und triquetum gegenüberliegt. Erst bei voller Ulnarabduktion schlägt das os triquetum gegen die Knorpelscheibe an (SPIER, 1966).
Der Radius ist der Strebepfeiler des Unterarmes, das Ulnaköpfchen findet an der Handwurzelreihe keine Abstützung und der Bandapparat am Ulnaköpfchen verhindert die Verschiebung nach distal n i c h t (MAATZ,1949).

Die membrana interossea füllt den elliptischen Raum zwischen den Knochen aus. Die Membran ist bei endständiger Pro- und Supination entspannt, dagegen gespannt bei Mittelstellung.

4. Muskulatur und Bewegung

Neben der Gruppe der dorsal gelegenen Extensoren und der - stärkeren - volaren Flexoren haben die eigentlichen Pro- und Supinatoren besondere Bedeutung. Das Bewegungsausmaß der Pro-Supination entspricht einem Halbkegel mit dem Radiusköpfchen als Spitze und der vom distalen Radius umschriebenen Fläche als Basis, die Beweglichkeit beträgt 15o - 18o°, nach Entfernung der Bände und Muskeln am Leichenpräparat 2o5 -21o° (RESKE,1955). Die Pronation wird durch den Musculus pronator teres und besonders durch den Musculus pronator quadratus gewährleistet, wobei letzterer durch seine Lage am distalen Unterarm einen bei dem Bewegungsausmaß der Pro-Supination günstigen Hebelarm hat (RESKE,1955). Die Supination wird durch den M.supinator, den M.bizeps brachii und, aus Pronationsstellung, auch vom M.brachioradialis gewährleistet.

Der Radius als Strebepfeiler des Unterarmes fängt den Druck der den Unterarm überbrückenden Muskeln auf (MAATZ, 1949). Im Gegensatz dazu wird die Ulna distal der Mitte nach distal gezogen, was bei der Frakturheilung von Bedeutung ist. Je nach Lage der Fraktur in diesem Bereich sind daran ein Teil des Flexor digit.prof., ein Teil des Extensor poll.long. und des Ext.indic.propr. beteiligt. Auch die Fasern des M.pron.quad.verlaufen schräg von der Ulna weg nach distal zum Radius (MAATZ,1949).

B. - Die Frakturen

Die Verhältnisse im Bereich des Unterarmes sind je nach Lokalisation, Frakturform und Dislokation so different, daß eine Besprechung in Untergliederung zweckmäßig erscheint.
Die Kontinuitätsunterbrechung eines Knochens kann Folge einer direkten oder indirekten Gewalteinwirkung sein.

Eine direkte Gewalteinwirkung liegt am Unterarm vor bei Schlag auf den Arm, Einklemmen des Armes oder Auffallen von schweren Gegenständen, es handelt sich also um eine quer zur Schaftachse einwirkende Gewalt.

Eine indirekte Gewalteinwirkung liegt vor bei in Längsrichtung einwirkender Gewalt, so z.B. bei Fall auf die Hand.

1. Unterarmschaftfrakturen

Unterarmschaftfrakturen entstehen meist durch indirekte Gewalteinwirkung. Die Knochen brechen dann in verschiedener Höhe, und zwar jeweils an ihrer schwächsten Stelle, der Radius also in Schaftmitte und die Ulna an der distalen Drittelgrenze. In zwei Drittel der Fälle findet sich die Radiusfraktur weiter proximal. Es handelt sich meist um kurze Schräg- oder Schraubenbrüche.
Der kleinere Teil der Unterarmschaftfrakturen entsteht durch direkte Gewalteinwirkung. Es handelt sich dann um Querfrakturen auf gleicher Höhe.

a) Dislokation

Die Dislokation wird einmal durch die Richtung der Gewalteinwirkung bestimmt, sekundär tritt dann durch Muskelzug eine Verkürzung oder eine andere Dislokation hinzu, die bestimmte Gesetzmäßigkeiten aufweisen.
Durch die den Unterarm überspannenden Muskeln kommt es in erster Linie zu einer Verkürzung. Die Beuger und Einwärts-

dreher sind stärker als die Strecker und Auswärtsdreher, durch die Lage dieser Muskelgruppen kommt es zu einem Achsenknick mit nach radial und volar offenem Winkel. Die vier Fragmentenden werden einander durch Muskelzug - distal besonders durch den M.pron.quad. - und Zug der Membr.int.genährt.

Bei Frakturen im proximalen Drittel kann es zur Flexionsstellung der proximalen Fragmente durch Zug der Beuger des Oberarmes kommen (M.bizeps brachii, M.brachialis). Durch die auf der ulnaren Seite stärkere Muskulatur entsteht oft eine Varusstellung der Fragmente.

Durch die Lage und die Ansatzpunkte der Rotatoren treten bestimmte Rotationsverschiebungen auf.

Liegt die Fraktur im proximalen Schaftdrittel, dann sind die proximalen Fragmente supiniert, die distalen proniert.

Liegt die Fraktur im mittleren Schaftdrittel, dann besteht proximal ein Gleichgewicht von Pro- und Supinatoren, daraus resultiert eine Mittelstellung der Fragmente, die distalen Fragmente sind in Pronationsstellung.

Bei Brüchen weit distal sind die proximalen Fragmente proniert, die distalen supiniert.

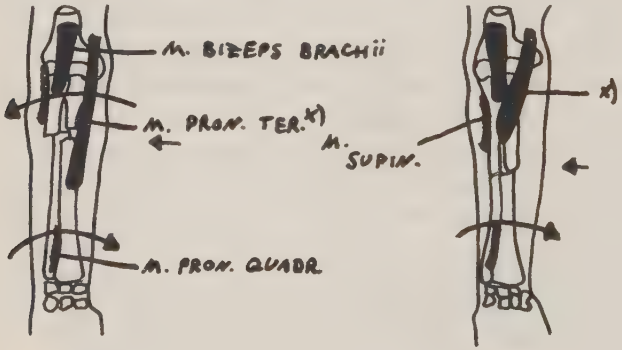


Abb.2: Verschiedene Rotationsverschiebungen nach Unterarmschaftfrakturen

2. Isolierte Radiusfraktur

Die isolierten Schaftbrüche des Radius entstehen meist durch Fall auf die Hand, wobei der Radius - dank seiner Stützfunktion - besonders belastet wird. Bei den Frakturen handelt es sich meist um Schrägfrakturen an der distalen Drittelgrenze.
Nur ein kleiner Teil der Frakturen entsteht durch direkte Gewalteinwirkung.

3. GALEAZZI-Fraktur

Diese Fraktur entsteht ebenfalls durch indirekte Gewalteinwirkung. Dabei bricht der Radius an der distalen Schaftdrittelgrenze, durch die Verkürzung des Radius kommt es zur Luxation des Ulnaköpfchens nach distal und volar oder distal und dorsal, z.T. mit Abriß des processus styloides ulnae (GALEAZZI,1935),
Ebenfalls bei Fall auf die Hand kann es - abgesehen von der Radiusfraktur - bei mehr ulnar gerichteter Komponente der Gewalteinwirkung zu einer Fraktur im Bereich des Ulnaköpfchens kommen, meist in Form einer Zertrümmerungsfraktur des Köpfchens oder einem Bruch direkt proximal des Ulnaköpfchens (MATTI, 1918).

Dislokation

Die proximal gelegene isolierte Radiusfraktur folgt mit dem proximalen Fragment dem Zug der Beuger des Oberarmes (M.bizeps brachii). Die Fraktur an der distalen Drittelgrenze - mit oder ohne Läsion oder Luxation des Ulnaköpfchens - zeigt, bedingt durch den Zug des M.pron.quadr., eine typische Dislokation, bei der das distale Radiusfragment über die Ulna hinweggezogen scheint, also ad latus in Richtung Ulna disloziert ist.
Bei Frakturen nahe der distalen Epiphyse des Radius kann sich das mobilere proximale Fragment in ähnlicher Weise zur Ulna hin verschieben (MATTI,1918).
Entsprechend der Lage der Fraktur kann es auch zu einer Verdrehung der Fragmente gegeneinander kommen (s.o.).

4. Isolierte Ulnafraktur

Hierbei handelt es sich meist um direkte Frakturen i.S. von Parierfrakturen, oft an der proximalen Drittelgrenze als Querfraktur mit Ausbildung eines Biegungskeiles.

5. MONTEGGIA-Fraktur

Diese Fraktur entsteht durch Sturz auf den gebeugten Unterarm oder durch Schlag gegen die Ulna, ellenbogengelenksnahe. Es kommt dabei zu einer Luxation des Radiusköpfchens entweder nach volar oder, was seltener ist, nach dorsal. Die Ulnafraktur liegt meist im proximalen Schaftdrittel, es ist oft ein kurzer Schrägbruch oder ein Bruch mit Aussprengung eines Biegungskeiles aus der volaren oder dorsoradialen Corticalis. Eine Absprengung aus dem Radiusköpfchen kann vorkommen.

Dislokation

Die isolierte Ulnafraktur zeigt dank des erhaltenen Radius keine Verkürzung. Die distale Ulnafraktur wird durch den M.pron.quadr.disloziert, das distale Fragment ist durch den Muskel ad latus dislozierd und kann auch rotiert sein (ILLES,1965). Das körpernahe Fragment einer proximalen Ulnaschaftfraktur ist durch die Beuger in Flexionsstellung gehalten (M.brachialis), kann aber auch durch den Zug des M.triceps brachii eine Streckstellung aufweisen. Bei allen diesen proximalen Ulnafrakturen kann eine Varusstellung der Fragmente auftreten.
Bei der MONTEGGIA-Fraktur gestattet der luxierte Radius eine Verkürzung der Ulna, bei Luxation des Köpfchens nach vorlar steht das proximale Ulnafragment in Beugestellung, bei Luxation nach dorsal in Streckstellung (RIEUNAU, 1964).

6. Frakturen bei Kindern

Die Entstehungsmechanismen der Unterarmfrakturen bei Kindern entsprechen denen bei Erwachsenen. Neben den isolierten Brüchen von Radius und Ulna findet sich bei den Unterarmschaftfrakturen häufig ein handgelenknaher Querbruch beider Knochen mit Achsenknick in einem nach dorsal offenen Winkel und Verschiebung des distalen Radiusfragmentes ad latus nach radial und dorsal.
Unter den Frakturen bei Kindern finden sich oft Grünholzfrakturen, bei denen der Periostschlauch erhalten und nur der eigentliche knöcherne Teil des Knochens unterbrochen ist. Dabei tritt nur ein Achsenknick auf (SCHLOSSER, 1971).

C. Die Prognose der Unterarmfrakturen

Das Ziel der Behandlung von Unterarmfrakturen ist die Heilung in anatomisch gerechter Stellung bei funktioneller Restitutio ad integrum. Das aber kann durch verschiedene Heilstörungen verhindert werden.

1. Verzögerte Heilung und Pseudarthrosenbildung

Radius und Ulna zeigen - verglichen mit anderen Knochen- eine geringe Callusbildung und langsame Verfestigung der Frakturen (MAATZ in:Wanke und Mitarb.,1967). Bei allgemeinen Störungen wie Mehrfachfrakturen oder chronische Erkrankungen kann die Callusbildung noch weiter vermindert oder aufgehoben sein (KÜNTSCHER,197o). Eine mangelnde Callusbildung stellt sich aber auch bei lokalen Störungen ein, insbesondere bei Infektionen, Verlust des Bruchhämatoms mit seiner "Reserveheilkraft", letzteres bei offenen Frakturen, Frakturen mit Gelenkbeteiligung und "offener Reposition" von Frakturen (MAATZ in: Wanke und Mitarb., 1967; KÜNTSCHER,197o).
Beim Auftreten von Heilstörungen dieser Art kommt jedoch der unzureichenden Ruhigstellung - also dem mechanischen Sektor - die größte Bedeutung zu. Nach Untersuchungen von LOB (1965) bei nach konservativer Behandlung entstandenen Unterarmpseudarthrosen war unzureichende Ruhigstellung in fast 55% der Fälle Ursache der Pseudarthrose, dagegen ungenügende Reposition in 29% und Infektion in 16% der Fälle, letzteres immer nach offenen Frakturen.
An Unterarm und Unterschenkel - also an paarigen Gliedmaßenabschnitten - kommen gehäuft Pseudarthrosen vor. Die Idee einer Sperrwirkung - wie am Unterschenkel - wird jedoch nach Ansicht von MAATZ (1957) dem feinen Kräftespiel am Unterarm nach Frakturen und Osteotomien nicht gerecht, grobe Defektbildungen ausgenommen (s.o.).

LOB (1965) berichtet über 1o4 Unterarmpseudarthrosen, die in 52% der Fälle die Ulna betrafen, 23% der Pseudarthrosen lagen am Radius und 25% an beiden Unterarmknochen. Diese Sonderstellung der Ulna zeigt fast jede Gruppe von Fällen. Ursache dafür sind einmal die Muskel- und Bandverhältnisse im Bereich der distalen Ulna (MAATZ, 195o/51). Andererseits ist die Ulna proximal so im Humeroulnargelenk fixiert, daß nur eine Beugebewegung möglich ist. Das distale Fragment dagegen muß allen durch Muskelzug verursachten Kräften folgen, dadurch kommt es am Bruchspalt zu ständiger Bewegung. Dabei sind die durch den Zug des M.pronator quadratus verursachten Rotationsbewegungen von besonderer Bedeutung (LEITZ,1965; JINKINS u.Mitarb.,196o). "Vorbedingung für die Entstehung einer Radiuspseudarthrose nach isoliertem Radiusbruch ist entweder ein großer Defekt am Knochen oder eine ausgeprägte typische Verschiebung des distalen Fragmentes nach volar-ulnar bei Fraktur im Grenzbereich zwischen mittlerem und distalem Drittel" (MAATZ, 195o/51). Handelt es sich bei der Radiusfraktur an der distalen Drittelgrenze um eine Schrägfraktur, so können je nach Richtung des Bruchspaltes durch den M.pronator quadratus auf die Fraktur Druck- oder Zugkräfte ausgeübt werden (LEITZ,1965).

Nach konservativer Behandlung von Unterarmfrakturen werden folgende Resultate mitgeteilt, betreffend die Pseudarthrosenhäufigkeit:

LEITZ	176 Fälle (46 off.Frakt.)	3o Pseudarthrosen	17%
TROJAN	151 Fälle (geschl.Frakt.)	7 Pseudarthrosen 2 x Radius, 5 x Ulna	
WILHELM/ RUEFF	7 Radiusfrakt. (1 off.)	2 Pseudarthrosen	14,3%
	1o Ulnafrakt. (2 off.)	4 Pseudarthrosen	4o,o%
	22 Radius-und Ulnafrakt. (3 off.)	5 Pseudarthrosen	22,5%

2. Achsenknickungen

"Ein mit Achsenknickung geheilter Bruch hemmt stets die Vorderarmdrehung" (ILLES,1965). Eine Einengung des spatium interosseum ergibt oft eine Kontraktur des membrana interossea.
TROJAN (1953) sah bei 151 konservativ behandelten Patienten in 21,6% der Fälle Knickbildungen von mehr als 5°, LEITZ (1965) bei 176 Fällen 25 mal Achsenknickungen bis zu 2o°, die seiner Ansicht nach keine Bewegungseinschränkungen verursachten.
Bei Achsenknickungen nach Frakturen von Kindern findet ein Wachstumsausgleich statt. Er ist um so deutlicher, je jünger das Kind und je weiter distal die Fraktur liegt. Die distalen Querfrakturen beider Knochen bei Kindern erlauben Achsenknickungen von 15-2o° und Verschiebungen ad latus von einer halben bis zu einer dreiviertel Schaftbreite ohne Funktionsbehinderung (BUCK u.Mitarb.,1965).

3. Rotationsfehlstellungen

Oftmals "sind sogenannte gute Repositionsergebnisse im Sinne der Dislokatio ad peripheriam eben nicht gut, wenn das körperferne Speichenfragment in Pronationsfehlstellung verbleibt (LEITZ,1965), wie es bei Brüchen distal des Ansatzes des M.pronator teres vorkommt (s.o.). Je nach Lage der Frakturen können auch andere Rotationsfehlstellungen nach Heilung der Fraktur eine entsprechende Einschränkung der Drehbewegung verursachen, besonders an der Speiche sind korrekte Rotationsverhältnisse wichtig (LEITZ,1965).

Neben der durch knöcherne Fehlstellung bedingten Rotationseinschränkungen können auch Veränderungen an den Weichteilen die Drehbewegungen behindern. Beim Eingipsen der Unterarmknochen in Pronationsstellung schrumpft die jetzt entspannte membrana interossea. "Geschrumpft stellt sie später ein praktisch nicht überwindbares Hindernis für die Supination dar" (MAATZ in:Wanke u.Mitarb.,1967).

4. Dauer der Ruhigstellung

Eine Einschränkung der Drehbewegung sah LEITZ (1965) auch bei in guter Stellung verheilten Frakturen, die länger als 12 Wochen im Gipsverband ruhiggestellt worden waren und gab als Ursache Vernarbungen an den Weichteilen zwischen Radius und Ulna an.

5. Brückencallus

LEITZ (1965) sieht im Brückencallus "die ausgeprägteste Form der Narbenbildung zwischen Radius und Ulna". Die Gefahr der Ausbildung einer radio-ulnaren Synostose ist nach MAATZ (in: Wanke u.Mitarb., 1967) umso mehr gegeben, je näher die Frakturen aneinander liegen und je mehr die Mitverletzung der Weichteile eine "Kontinuität der Frakturräume" bedingt. Bei konservativer Behandlung registrierten v.ELMENDORFF u.Mitarb. (1971) bei 96 Unterarmschaftfrakturen in 4 Fällen das Auftreten eines Brückencallus, bei diesen Frakturen waren Radius und Ulna stets auf gleicher Höhe gebrochen, zweimal handelte es sich um offene Frakturen und zweimal bestand eine erhebliche Zersplitterung der Bruchenden. Als Ursache von Synostosen nennt HOFMANN (1964) - auch im Hinblick auf operative Behandlung - Periostverlagerungen in das Spatium interosseum, intraoperative Traumatisierung des parossalen Gewebes, schlechte Fragmentadaptation und das Fehlen einer frühzeitigen Übungstherapie.

6. Refrakturen

Refrakturen treten am Unterarm häufiger als an anderen Gliedmaßen auf. Die "Mantelbildung" durch Callus ist hier nicht nicht so bedeutend, die bei geringer Festigkeit des jungen Knochengewebes dank des größeren Durchmessers zur größeren Stabilität führt, bei geringem Trauma kommt es leicht zur Refraktur (MAATZ in: Wanke u.Mitarb., 1967).

Gefährdet ist besonders der kindliche Vorderarm, wenn es sich hier auch oft um Lösungen noch nicht vollständig verheilter Frakturen handelt (MAATZ: in Wanke u.Mitarb., 1967). BUCK u.Mitarb.(1965) sahen bei 135 diaphysären Frakturen 8 Refrakturen, von 16o von SEYFARTH (1966) behandelten Frakturen bei Kindern waren 6 Refrakturen. Als häufigste Ursache wird die zu kurze Ruhigstellung angegeben, BUCK u.Mitarb.(1965) stellen die Frakturen durchschnittlich 2 Monate ruhig, SEYFARTH (1966) empfiehlt einen Zeitraum von 1o - 12 Wochen.

7. Ellenvorschub

Ein Ellenvorschub muß auftreten bei Heilung einer Radiusfraktur mit Verkürzung (MAATZ: in Fischer u.Mitarb.,1969) und kann auftreten bei Fraktur an Ulna und Radius und isolierter Ulnafraktur, besonders wenn die Fraktur distal der Schaftmitte liegt. Über die besondere Bedeutung der Muskel- und Bandverhältnisse ist schon berichtet worden (s.o.). MAATZ (in:Fischer u.Mitarb.,1969) sah bei 8o8 Unterarmfrakturen 46 mal einen Ellenvorschub nach isolierter Radiusfraktur, 23 mal nach Fraktur beider Knochen und 3 mal nach isolierter Ulnafraktur. Der Vorschub betrug 4 - 13 mm, durchschnittlich 7 mm.
Der Ellenvorschub führt zu einer Einschränkung auch der Pro-Supination. Das ist bedingt durch die veränderte Spannung der membrana interossea und die ebenfalls veränderte Zugrichtung des M.pronator quadratus. Beträgt der Vorschub 1,5 cm, so ist die Drehbewegung nicht mehr möglich (RESKE, 1955).

D. Die Indikation zur Osteosynthese

Als eine Indikation zur Osteosynthese einer Unterarmfraktur wird allgemein das Mißlingen der Reposition oder ein - einmaliges oder wiederholtes - Abrutschen der Fragmente im Gipsverband angesehen (TROJAN,1953; NEUDEL,1963; KNOBLOCH u.Mitarb.,1965; LEITZ,1965; SEYFARTH,1966; GHERLINZONI,1965; FUCHS,1961; MITTELBACH u.BUSCHMANN,1967). Genannt wird auch das Ausbleiben der knöchernen Heilung und eine Osteosynthese, wenn die Fraktur bei konservativer Behandlung keine gute Fragmentstellung erwarten läßt (NEUDEL, 1963; AICHNER u.RUPP,196o).
Bei Kindern steht die konservative Behandlung im Vordergrund (BUCK u.Mitarb.,1965; BLOUNT,1957). SCHÄFER (1965) rät jedoch bei 1-2 erfolglosen Repositionsversuchen zur offenen Markdrahtung bei guten funktionellen Resultaten und ohne Immobilisationsschäden.

E. Die Osteosyntheseverfahren

1. Die Marknagelung

"Der Grundgedanke der Marknagelung ist der der STABILEN OSTEOSYNTHESE" (KÜNTSCHER,1962). Die Vereinigung der Bruchstücke durch eine in der Markhöhle gelegene innere Schiene ist dabei so fest, daß eine zusätzliche äußere Schiene, nämlich der Gipsverband,überflüssig wird.

a) Das Prinzip der Marknagelung

Die innere Schienung wird durch einen Stahlnagel von Kleeblatt- oder V-Profil erreicht, der sich quer zu seiner Längsachse zusammendrücken läßt - also querelastisch ist - und sich so in der Markhöhle verklemmt. Für die normale

Dauer der Heilung der Fraktur tritt auch bei Knochen - resorption um den Nagel kein Stabilitätsverlust auf. Eine solche "stabile Osteosynthese" setzt eine genügende Festigkeit des Knochens, einen biegestabilen und tragfähigen Nagel und eine stabile Einheit von Nagel und Knochen voraus. In vielen Fällen gelingt es nicht, einen genügend tragfähigen Nagel einzuschlagen, weil die Markhöhle zu eng ist. Nach dem Aufbohren der Markhöhle kann dan ein dickerer und damit tragfähigerer Nagel eingeschlagen werden, dessen Festigkeit mit der 3.-4.Potenz seines Durchmessers steigt (KÜNTSCHER,1961). Auch ist nach Aufbohren auf einer längeren Strecke eine elastische Verklemmung zwischen Nagel und Knochenrohr möglich.
Das Ideal ist die geschlossene Nagelung, das Bruchhämatom bleibt erhalten, das Periost wird geschont. Die gut reponierte und stabilisierte Fraktur zeigt nur wenig Callus.

b) Die Nagelung der Unterarmknochen

Die intramedulläre Frakturfixation ist am Unterarm oft vorgenommen worden.
MAATZ nagelte 1943 die ersten Unterarmfrakturen und erreichte eine gipsfreie Nachbehandlung. Der Nagel wurde vom Olecranon in die Ulna, vom processus styloides radii aus in den Radius eingeschlagen. Der Nagel muß an seinem Kopfende entsprechend der Form des distalen Radius gebogen werden. Es treten sonst - durch Verformung des Nagels beim seitlichen Einschlagen in den Radius - elastische Kräfte auf, das Nagelende kann später in das Handgelenk einwandern oder die Fraktur in eine Valgusstellung zwingen (MAATZ,1943). Nach KÜNTSCHER (1962) kann der Nagel auch - bei nach dorsal vorspringendem distalen Radiusende - von dorsal statt vom processus styloides eingeschlagen werden. Mehrfach wird erwähnt, daß der Marknagel nach

Ausbohren der Markhöhle des Radius den Knochen - der eine "S"-Form aufweist - streckt (ROSSAK,1965;)

Die Nageldicke muß sich - ohne die Möglichkeit des Aufbohrens - nach der engsten Stelle des Markraumes richten, die Nägel sind also dünn und wenig biegefest. Der Nagel läßt sich schlecht in den Knochen einpassen, auch allgemein sind die Voraussetzungen für eine "stabile Osteosynthese" bei Knochen mit kleinem Durchmesser schlecht (MAATZ,1951).
Von KÜNTSCHER (1954) wird ein Aufbohren der Markhöhle bei Nagelung aller Pseudarthrosen (s.u.) und 6o-7o% der frischen Frakturen gefordert, um einen ausreichend dicken Nagel einschlagen zu können und so eine "stabile Osteosynthese" zu erzielen. Nach REHM u.UEBING (1963) ist dazu gerade die Ulna geeignet wegen des geraden Markraumes und des Einführungspunktes von Bohrer und Nagel in der Längsachse des Knochens. Um einem Nagel auch in dem weiten, spongiosagefüllten Markraum des proximalen Teils der Ulna Halt zu geben, gab MAATZ (1943) den konischen Nagel an, der bei Frakturen proximal der Ulnamitte be - nutzt wird.
Nach lo Jahren Erfahrung mit der Marknagelung - noch ohne die Möglichkeit des Aufbohrens - ergaben sich folgende Resultate (MAATZ,1951) :

Bei 43 geschlossenen Unterarmfrakturen, darunter 8 isolierte Radius- und 9 Ulnafrakturen, wurden in 26 Fällen bei der Versorgung die Frakturen freigelegt, eine unblutige Reposition sollte nicht erzwungen werden. Alle 8 genagelten Radii und 4 Ulnae wurden im Gips ruhiggestellt, ebenso 4 von 26 Nagelungen beider Knochen. Es entstanden je eine Pseudarthrose an Radius, Ulna und beiden Knochen, in 2 Fällen ein Brückencallus. Drei Infektionen traten an der Nageleinschlagstelle und eine an der Frakturstelle auf.

Bei 11 offenen Unterarmfrakturen, darunter 1 Radius und 3 Ulnafrakturen, bildeten sich bei allen 3 Ulnafrakturen und 2 Frakturen von Radius und Ulna Pseudarthrosen. Viermal kam es zu Infektionen an der Nageleinführungsstelle, an den Weichteilen oder am Knochen selbst. Ein Übergreifen der Infektion auf die Bruchstelle wurde am Unterarm nicht beobachtet.

Im gleichen Zeitraum wurden 16 Unterarmpseudarthrosen behandelt, darunter 5 Radius-und 5 Ulnapseudarthrosen. Nach der Nagelung persistierten alle 5 Ulnapseudarthrosen und von den 6 Pseudarthrosen beider Knochen in 3 Fällen beide Pseudarthrosen, in 2 Fällen die Ulna- und einem Fall die Radiuspseudarthrose.

Insgesamt gab es bei den nicht infizierten Nagelungen am Unterarm 9 (17%) Pseudarthrosen, davon 8 an der Ulna und eine am Radius. (Am Oberschenkel traten vergleichsweise o,5% und am Unterschenkel 1,6% Pseudarthrosen auf).

Nach KÜNTSCHER (1954) gibt es bei wirklich "stabiler Osteosynthese" keinen Unterschied in den Heilungsaussichten beider Knochen. Er berichtet über 232 Unterarmpseudarthrosen, die nach Aufbohren der Fragmente mit Marknägeln versorgt wurden, bei "irreponiblen" Pseudarthrosen nach Vorbehandlung im Distraktor. Das Aufweiten der Markhöhle reicht als Reiz für die Callusbildung aus (KÜNTSCHER,1965), die Pseudarthrose braucht nicht eröffent zu werden. LOB (1965) berichtet über 32 genagelte Unterarmschaftpseudarthrosen, SEEHOLZER u.LAUBER (1965) über 4o Unterarmschaftpseudarthrosen mit jeweils guten Resultaten.

2. Federosteosynthese

Die ersten Erfahrungen bei der Marknagelung von Frakturen hatten gezeigt, daß knöcherne Heilung stets dann eintritt, wenn die Fragmente stabil miteinander verbunden sind. Diese stabile Verbindung wurde selten durch den Nagel allein, meist aber durch den als "Bolzen" wirkenden Nagel und den Zug der Gliedmaßenmuskulatur bewirkt. An der oberen Extremität ist diese pressende Kraft am Humerus gering und an der Ulna distal der Mitte garnicht vorhanden (MAATZ,1951).

Die Fragmente werden bei der Federosteosynthese mit Federkraft aneinandergepreßt und "im Wundgebiet herrscht ein Kräftespiel, wie es der Physiologie des Knochens entspricht" (MAATZ,1951), es ist eine "biologisch-mechanische Einheit" von Knochen und Feder möglich. Resorptive Vorgänge an den Bruchenden werden durch den Federweg ausgeglichen, die Federsteife verhindert bei Röhrenknochen mit kleinem Durchmesser die Achsenknickbildung. Die ideale Feder hat einen langen Federweg und eine große Federsteife (MAATZ,1951).
So sollten - wegen der im o.a.Krankengut deutlichen Pseudarthroseneigung der Ulna - alle offenen Frakturen, alle Heilstörungen und die Ulnapseudarthrosen mit der Feder versorgt werden (MAATZ in: Wanke und Mitarb.,1967).
Bei 14 Ulnapseudarthrosen und Pseudarthrosen beider Knochen des Unterarmes kamen an der Ulna Nagel u n d Feder zur Anwendung. Sämtliche Pseudarthrosen heilten knöchern (MAATZ,1951).
Die jetzt üblichen Federn liegen intramedullär entweder als Federschraube, die distal mit einem 4o mm langen Gewinde verankert wird, proximal am Olecranon mit einer Lasche fixiert wird. Die Spannung wird durch eine Druchfeder von 15-2o mm Federweg vermittelt. Neuerdings kommt eine Schraubenzugfeder mit innerhalb der Federwindungen liegendem Zentralnagel oder RUSH-Pin zur Anwendung.
Ein zusätzlicher Gipsverband ist meist nicht nötig (MAATZ in: Wanke und Mitarb.,1967).

3. Die Osteosynthese der A.O.

Das Hauptziel auch der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese ist die Wiederherstellung der früheren, vollen Funktion der verletzten Extremität bei anatomischer Reposition, gewebsschonender Operationstechnik und frühzeitiger Mobilisierung (MÜLLER u.Mitarb.,1963).

a) Das Prinzip der A.O.

Die Druckschrauben und Druckplatten, die den Bruchspalt überbrücken, ermöglichen eine Kompression der Fragmentenden gegeneinander. Durch diese Kompression - bei der der einmal gesetzte Druck anscheinend nur langsam nachläßt (WILLENEGGER u.Mitarb.,1971) - wird "die stabilste Art der Osteosynthese" (MÜLLER u.Mitarb.,1963) verwirklicht. Der Einfluß des Druckes auf die Knochenbildung selbst ist noch umstritten (WILLENEGGER u.Mitarb.,1971).

DANIS (1949) hatte bei der Fixation von Vorderarmfrakturen mit Druckplatten eine calluslose Heilung gesehen. Er folgerte daraus, daß sich die Heilungsvorgänge in der Corticalis abspielen und verglich diese Art der Heilung mit einer "Verschweißung"(soudure autogène).
Nach Untersuchungen von SCHENK u.WILLENEGGER (1964) kam es im Tierversuch bei Anwendung von Druckplatten zu einer Knochenheilung ohne Callus. Bei unmittelbarem Kontakt der Fragmentenden kommt es ohne Resorptionserscheinungen zu einer Knochenregeneration unter gleichzeitigem An- und Abbau durch die den Frakturspalt durchsetzenden neuen Osteone, dadurch kommt es zu einer "Verzapfung" der Fragmente. Verbleibt ein Spalt zwischen den Fragmentenden, so wird auch dieser Spalt primär durch Knochengewebe ohne Auftreten eines intermediären Stützgewebes ausgefüllt, danach erst kommt es zu der oben genannten Verzapfung.
Eine solche "primäre Heilung" der Fraktur"gilt als Zeichen einer einwandfreien Stabilisierung unter günstigen Durchblutungsbedingungen" (MÜLLER u.Mitarb.,1963). Ein "wolkiger Reizcallus" gilt als Warnzeichen und weist auf eine Instabilität hin. Im Tierversuch zeigt sich, daß die Verminderung der Callusbildung bei richtiger Anwendung von Druckplatten nicht durch Periostschädigung, sondern durch die Stabilität der Verbindung verursacht ist (WILLENEGGER u.Mitarb.,1971). Die Übergänge von der Heilung mit Callus bis zur calluslosen Heilung sind fließend und kommen in der Praxis immer zur Beobachtung.

Die Frakturstelle muß bei dieser Art der Osteosynthese immer eröffnet werden. Der Heilverlauf bei der primären Knochenheilung ist schwer zu beurteilen (ALLGÖWER u. SEGMÜLLER,1964). Ungenügend revitalisierter, im Röntgenbild nicht sichtbarer Knochen kann die Ursache von Frakturen nach Plattenentfernung sein (WILLENEGGER u.Mitarb., 1971), "bei der primären Knochenheilung genügt die homogene Struktur - im Röntgenbild - noch nicht, um mit Sicherheit die Normalisierung der Feinstruktur nachzuweisen" (ALLGÖWER u.SEGMÜLLER,1964; WILLENEGGER u.Mitarb.,1971).

Bei Stabilisierung der Fraktur mit 2 Platten kann es infolge einer "stress protection", d.h. einer Verminderung der funktionellen Belastung des Knochens, zu einer "Spongiosierung" oder Rarifizierung der Corticalis kommen. Materialien von größerer Deformierbarkeit und doch ausreichender Stabilität sollten dem Knochen möglichst wenig von seiner funktionellen Belastung nehmen (WILLENEGGER u. Mitarb.,1971).

b) Die A.O.-Methode am Unterarm

Die für die Stabilisierung von Unterarmfrakturen verwendeten Platten sind Zuggurtungsplatten. Sie fangen die durch die Muskulatur bedingten Zugkräfte am Bruchspalt auf und wandeln sie in Druckkräfte um. Folglich wird die Platte auf der Zugspannungsseite des Knochens fixiert, am Radius also dorso-radial (MÜLLER u.Mitarb.,1963).
Zur Stabilisierung des Radius kann die Platte mit einem Spanngerät unter Druck gesetzt werden (BLOCH,1963), oft aber verbietet Platzmangel das Anbringen des Spanngerätes, es werden dann Halbrohrplatten mit ovalen Löchern angewandt, die sich der runden Form des Knochens anpassen und, durch exzentrisches Eindrehen der Schrauben mit konischen Köpfen in die ovalen Löcher, die Fragmente unter Druck setzen (MÜLLER u.Mitarb.,1963). Um eine Streckung der physiologischen Radiuskrümmung zu vermeiden, werden die Platten entsprechend der Form des Knochens gebogen. Die Schrauben

sollten auf jeder Seite der Fraktur mindestens 4 Corticales fassen, einige Autoren benutzen zur besseren Stabilisierung auch 6 - Lochplatten mit der Möglichkeit, pro Fragment 3 Schrauben einzusetzen (WILHELM u.RUEFF,1971).

Die Ulna wird mit einer geraden Zuggurtungsplatte versorgt, dabei sollte eine 6-Lochplatte zur Anwendung kommen (MÜLLER u.Mitarb.,1963). Bei Verplattung von Ulnafrakturen wird eine Rotation der Fragmente durch Muskelzug verhindert (JINKINS u.Mitarb.,196o; LEITZ,1965).
Bei erreichter axialer Kompression kann mit Bewegungsübungen nach 48 Stunden begonnen werden; wurde keine Kompression erreicht, z.B. bei Splitterfrakturen, ist eine Oberarmgipsschiene für 3-4 Wochen indiziert (MÜLLER u.Mitarb.,1963).

BLOCH,1963) berichtet über 2 Pseudarthrosen bei 74 Fällen (2,7%), beide wahrscheinlich durch zu kurze Platten bedingt.MÜLLER (1965) berichtet über 3 Pseudarthrosen und 2 Refrakturen, letztere wegen zu früher Plattenentfernung. Als funktionelles Resultat traten bei 7 von 5o Patienten Einschränkungen der Drehbewegung von mehr als lo° auf. v.ELMENDORFF u.Mitarb.(1971) sahen bei Nachuntersuchungen von 32 mit Druckplatten versorgten Unterarmfrakturen in allen Fällen freie und schmerzlose Beweglichkeit und nur 2 verzögerte Konsolidierungen, in einem Fall trat eine leichte Infektion auf. WILHELM u.RUEFF (1971) sahen bei 82 mit der Platte versorgten Unterarmfrakturen 1 Pseudarthrose nach isolierter Ulnafraktur und 2 Pseudarthrosen nach Frakturen beider Knochen, in einem Fall trat eine Osteomyelitis auf. Einschränkungen der Unterarmdrehung um mehr als die Hälfte fanden sich in 16% der Fälle nach Plattenosteosynthese gegenüber 33% nach konservativer Behandlung.

Bei der Behandlung der Pseudarthrose braucht auch bei Verwendung der Druckplatte die Pseudarthrose nicht angefrischt zu werden, nur muß eine längere Platte als üblich gewählt werden (MÜLLER,1965). RUSSE (1965) berichtet über lo Pa-

tienten mit Unterarmpseudarthrosen, bei denen 17 Druckplatten angelegt wurden, jeweils an einem oder beiden Vorderarmknochen. Dabei blieb in 3 Fällen die Heilung an der Ulna aus, in diesen Fällen waren 4-Lochplatten angelegt worden ohne Anfrischung der Pseudarthrosen.

4. Die Frakturfixation nach RUSH

a) Das Prinzip der Frakturfixation mit dem RUSH-Pin

Der Rush-Pin ist ein drehrunder, massiver Metallstab, ein Ende des Pin ist zu einem Haken umgebogen, am entgegengesetzten Ende hat der Pin eine Spitze, die ein Gleiten in der Markhöhle ermöglicht (RUSH u.GELBKE,1957). Durch eine spezielle Metallegierung erhält der Pin eine genügende Festigkeit zur Fixation der Fragmente, ferner muß er eine begrenzte Elastizität und Biegsamkeit haben (RUSH u.GELBKE,1957).

Dieser Pin soll eine "dynamische Fixation" (RUSH,1957) der Fragmente hervorrufen, im Gegensatz zu der weitgehend starren Frakturfixation durch den Marknagel. Durch elastische Anpassung und Anpressung des RUSH-Pin's an die Markhöhlenwand werden mehrfache Druckpunkte zwischen Nagel und Knochen geschaffen, "wodurch die Fragmente mit einer gewissen Stabilität in anatomischer Position absolut zuverlässig gehalten werden " (FUCHS,1965) .

Die Druckpunkte können durch Einführen eines gebogenen Pin in eine gerade Markhöhle oder eines geraden Pin in eine gebogene Markhöhle erzeugt werden (RUSH u.GELBKE,1957). Auch ein von einer seitlich gelegenen Öffnung eingeführter Pin wird zwischen 3 Druckpunkten gezwungen, hierbei entsteht die "dynamische Kraft" durch die elastische Verformung des Pin beim Einschlagen in die Markhöhle. Sie ist geringer bei vorgebogenem Pin oder kleinerem Einschlagwinkel (RUSH u.GELBKE, 1957).

Je länger das Fragment ist, umso besser ist die Fixation durch den Dreipunktedruck. Um größere Stabilität durch mehr Druckpunkte zu erreichen, wird der Pin durch das kleinere Fragment hindurch eingeführt. Für eine gute Fixation muß der Pin eine feste Angriffsfläche in beiden Fragmenten haben. Bestehen seitens der Extremitätenmuskeln dauernde dynamische Kräfte, "wird die intramedulläre Fixation so gelenkt, daß sie den spezifischen 'dynamischen' Kräften der Extremität entgegenwirkt (RUSH u.GELBKE,1957).

Für die gelenknahen trompetenförmigen Abschnitte der Knochen ist der Pin besonders geeignet (FUCHS,1961; GELBKE, 1957; ZEUMER,1963), nach Ansicht von HACKETHAL (1957) jedoch nur bei Verwendung von 2 Pin's. Bei Schaftfrakturen dünner Knochen ist der Pin dem KÜNTSCHER-Nagel gleichwertig (GELBKE,1957), nach Ansicht von ZEUMER (1963) ist im Diaphysenbereich keine "dynamische"Fixation zu erreichen, es kommt eher zu einem Achsenknick im Sinne der Biegung des Pin (HACKETHAL,1957).

b) Die RUSH-Pinnung am Unterarm

Der Pin wird in den Radius vom processus styloides radii aus eingeschlagen, der Einschlagwinkel sollte nicht größer als 30° sein (FUCHS u.NIKFETRAT,1963), vor dem endgültigen Einschlagen muß das Ende des Pin gebogen werden, um ein Einwandern in die handgelenknahe Spongiosa zu verhindern.
In die Ulna kann der Pin vom Olecranon oder vom processus styloides ulnae eingeführt werden, besonders bei distal gegelegenen Frakturen (RUSH u.GELBKE,1957).
Wenn auch die Fixation der Fragmente durch den Pin theoretisch (MAURATH u.Mitarb.,1962) bei weitem nicht so stabil ist wie bei der Marknagelung oder der Versorgung mit

A.O.-Druckplatten, so ist doch immer wieder gesagt worden, daß die Fixation mit dem Pin ausreichend (übungs-)stabil sein kann (KOSLOWSKI,1958; EDWARDS,1959), bei richtig gewähltem Pin wird sie ebenso gewährleistet wie durch den KÜNTSCHER-Nagel (PEITSCH,1959).
RUSH empfahl einen zusätzlichen Gipsverband nur bei den distalen Ulnafrakturen. Meist werden jedoch zusätzlich Gipsverbände angelegt, und zwar nach Mitteilung von

FUCHS u.NIKFETRAT (1963)	für durchschnittl.	5 Wochen
EDWARDS (1959)	für	4-8 Wochen
KOSLOWSKI (1958)	für	2-4 Wochen.

Allgemein wird angeraten, die geschlossene Reposition zu versuchen, aber nicht zu erzwingen. Eine schonende Freilegung der Fraktur sei besser als langdauernde Traumatisation intra operationem (PEITSCH,1959; GELBKE (1957; FUCHS, 1965). FUCHS (1961) nennt in einem 12-Jahresbericht über 54 Unterarmschaftfrakturen ein Verhältnis von 24 geschlossenen zu 3o offenen Repositionen, die geschlossenen Repositionen überwiegen aber seit Benutzung des Röntgenbildverstärkers. Ähnlich äußert sich KOSLOWSKI (1958). MITTELBACH u.BUSCHMANN (1967) berichten über 4 offene Repositionen bei 21 Unterarmschaftfrakturen.
FUCHS (1961) sah bei 54 Fällen eine verzögerte Heilung, v.ELMENDORFF u.Mitarb.(1971) bei 23 Unterarmschaftfrakturen 6 Pseudarthrosen, gleich häufig an Radius und Ulna. In dem von WILHELM u.RUEFF (1971) ausgewerteten Krankengut, 64 mit dem Pin versorgte Unterarmbrüche umfassend, fanden sich 4 Pseudarthrosen.
LOB (1965) berichtet über eine erfolgreiche Anwendung des Pin auch bei der Behandlung von Pseudarthrosen in 15 Fällen.

5. Die Markdrahtung

Es handelt sich hierbei um eine Methode, bei der durch einen intramedullären Draht eine Seitenverschiebung und eine Achsenknickung der Fragmente verhindert wird (BÖHLER , 1965), unter Verzicht auf eine stabile Osteosynthese und Vermeidung aller Komplikationen aufwendigerer Verfahren (BÖHLER,1965; BSTEH,1947; CHIARI u.SPENGLER,196o/61). Der Markdraht wird vom processus styloides radii und vom Olecranon eingeführt, die Frakturstelle kann zur Reposition eröffnet werden ("Offene Markdrahtung" CHIARI u.SPÄNGLER, 196o/61) oder die Reposition kann unter Bildwandlerkontrolle geschlossen vorgenommen werden (BÖHLER,1965; AICHNER u.RUPP,196o) mit allen Vorteilen des geschlossenen Vorgehens.
Danach ist in jedem Fall die Anlage eines Gipsverbandes nötig, AICHNER u.RUPP (196o) stellten durchschnittlich 9,8 Wochen ruhig, CHIARI u.SPÄNGLER(196o/61) 6-8 Wochen.

Bei der gedeckten Markdrahtung sahen AICHNER (1965) und AICHNER u.RUPP (196o) keine Pseudarthrosen bei 76 bzw. 15 Fällen, CHIARI u.SPÄNGLER (196o/61) sahen bei 15 mit der offenen Markdrahtung behandelten Fällen 2 Pseudarthrosen. BÖHLER (1965) beschrieb eine Komplikation bei Markdrahtung von GALEAZZI-Frakturen. Infolge des an der Bruchstelle an der distalen Drittelgrenze weiten Markraumes kann es zu einer Verschiebung des distalen Radius ad latus nach radial, zum Achsenknick in ulnar offenem Winkel, zur Verkürzung und zur zentralen Luxation der Ulna kommen, bei Fraktur der distalen Ulna kommt es zu einem Achsenknick der Ulna in ulnar offenem Winkel. POIGENFÜRST (1965) gibt als Ursache die elastische Kraft des eingeführten Drahtes mit seinem radial konkaven Schwung und die fehlende Stabilisierung an der Frakturstelle an. Gefordert wird (BÖHLER,1965; POIGENFÜRST,1965) ein Anliegen des Drahtes schon an der ulnaren Corticalis des distalen Framentes.

III. E I G E N E F Ä L L E

In den Jahren von 1956 bis 1969 wurden im Städt.Auguste-Viktoria-Krankenhaus, Berlin, 418 frische Schaftfrakturen eines oder beider Unterarmknochen bei 226 Kindern und 192 Erwachsenen versorgt. Davon war in 9o Fällen - 28 Kinder und 62 Erwachsene - eine operative Versorgung nötig. Weiterhin wurden 23 Patienten - darunter 2 Kinder - mit Störungen der Heilung oder in Fehlstellung konsolidierten Schaftfrakturen von Unterarmknochen operativ behandelt. Die Krankenunterlagen und Röntgenbilder dieser insgesamt 113 Patienten wurden ausgewertet, die wichtigsten Ergebnisse sind im folgenden Abschnitt zusammengestellt.

A. Unterarmschaftfrakturen bei Erwachsenen und Heilstörungen nach Unterarmschaftfrakturen

Anzahl der Patienten: 48
22 Frauen, Durchschnittsalter 59,2 Jahre.
26 Männer, Durchschnittsalter 32,8 Jahre.

Der linke Arm war in 23, der rechte in 25 Fällen betroffen.

Unfallursachen:	Bei Frauen	Bei Männern
Autounfälle Verkehrsunfälle	6	9
Arbeitsunfälle	-	7
Hausunfälle Schwächeanfälle Stolpern etc.	16	4
Sportunfälle andere Ursachen	-	6

1. Frische geschlossene und offene Frakturen

2o Patienten mit geschlossenen und 15 Patienten mit offenen Unterarmschaftfrakturen kamen unmittelbar nach dem Unfallereignis in das Auguste-Viktoria-Krankenhaus. An den beiden Knochen traten folgende Frakturen auf:

	Quer-	Schräg-	Stück-	Trümmerfrakturen
Radius	2o	15	2	1
Ulna	25	9	1	1

Der Radius war dreimal, die Ulna einmal doppelt frakturiert. Die Schrägfrakturen waren - mit einer Ausnahme - "kurze" Schrägfrakturen, die Länge des Bruchspaltes war also kleiner als der doppelte Schaftdurchmesser. An beiden Knochen traten je 3 Biegungskeile auf, alle bei Frakturen im mittleren Drittel des Schaftes.
Bei 2o der 35 Unterarmschaftfrakturen lagen die Frakturen beider Knochen etwa auf gleicher Höhe, in den anderen 15 Fällen lag die Radiusfraktur durchschnittlich 2,4 cm weiter proximal. Dabei waren in einem Fall die Bruchspalte 9 cm voneinander entfernt, im distalen Drittel der Ulna war dabei eine lange Schrägfraktur entstanden.(Abb.3).

In 12 Fällen lagen an beiden Knochen Querfrakturen vor, in 3 Fällen handelte es sich an beiden Knochen um Schrägfrakturen. 16 mal war eine Schräg- mit einer Querfraktur kombiniert, in einem Fall lag an Radius und Ulna eine Stückfraktur vor, in den anderen Fällen handelte es sich um Kombination von Quer- und Schräg- mit Stück- und Trümmerfrakturen.

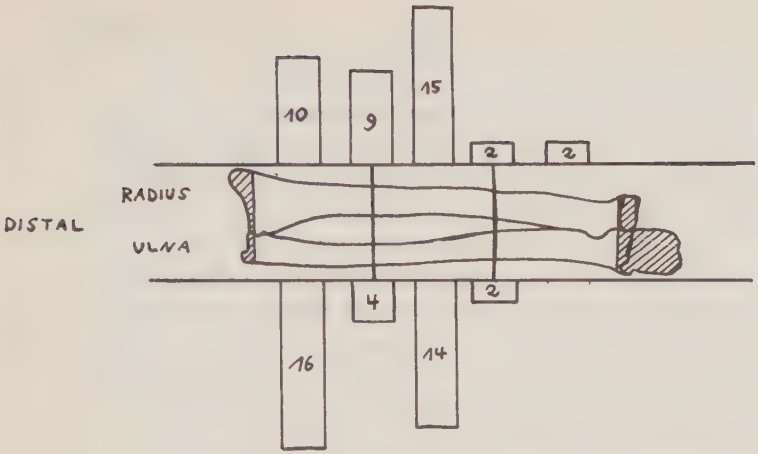


Abb.3: Lokalisation der Unterarmschaftfrakturen, eingeteilt nach Schaftdritteln und Drittelgrenzen, Radius und Ulna getrennt dargestellt.

Nebenverletzungen: in 9 Fällen

- Sitzbeinfraktur
- Commotio cerebri
- Humerusfraktur rechts (Unterarmfraktur links)
- Schockzustand, Femurfraktur, Fibulafraktur, Humerusfraktur links (Unterarmfraktur rechts)
- in 2 Fällen Schockzustand und Beckenringfraktur
- Schockzustand, Commotio cerebri, Beckenschaufelfraktur
- Schockzustand, Commotio cerebri, Beckenringfraktur, Symphysen- und Iliosakralgelenkssprengung, Rippenfrakturen
- Multiple Frakturen an allen 4 Extremitäten (Fenstersturz)

1a. Therapie der frischen geschlossenen Unterarmschaftfrakturen

Bei 9 von 2o frischen geschlossenen Unterarmschaftfrakturen konnte bei der primär durchgeführten Reposition keine ausreichende Fragmentstellung erzielt werden. Nach durchschnittlich 4 Tagen wurden dann die Frakturen erneut reponiert und operativ stabilisiert.
Bei 5 von 2o dieser Unterarmschaftfrakturen wurde primär kein konservativer Behandlungsversuch gemacht. Alle 5 wurden entweder gleich nach der Aufnahme, am nächsten Morgen oder nach Schockbekämpfung und Besserung des Allgemeinzustandes nach 1-3 Tagen operativ stabilisiert. Es handelte sich um folgende Frakturen:

- Schrägfrakturen beider Knochen distal mit Dislokation in allen Qualitäten
- Querfrakturen beider Knochen distal mit Dislokation
- Quer- und Schrägfraktur beider Knochen distal mit Dislokation
- Schrägfrakturen beider Knochen an der proximalen Drittelgrenze
- Querfrakturen an der proximalen Drittelgrenze, Keilbildung am Radius.

Bei 6 von 2o frischen geschlossenen Unterarmschaftfrakturen wurde primär ein konservativer Behandlungsversuch mit Reposition und Gipsanlage vorgenommen, die operative Frakturversorgung aber erst nach frühestens 18 Tagen.

In 2 Fällen verschlechterte sich das zuerst ausreichende Repositionsergebnis, operative Versorgung dann nach 18 und - nach internistischer Vorbehandlung - 3o Tagen. In 3 Fällen wurden zuerst andere Verletzungen - trotz des schlechten Repositionsergebnisses bei der Unterarmfraktur - versorgt, in einem Fall verhinderten Drucknekrosen während 4 Monaten die Versorgung der nicht ausreichend reponierten Fraktur.

1b. Therapie der frischen offenen Unterarmschaftfrakturen

Bei 12 der 15 offenen Frakturen wurde primär zusammen mit der Wundversorgung eine operative Stabilisierung der Fraktur durchgeführt.
In einem Fall wurde die Wundheilung abgewartet, Osteosynthese dann bei nicht ausreichendem primärem Repositionsergebnis nach lo Tagen. In 2 Fällen wurde im Sinne einer "aufgeschobenen" primären Versorgung nach 2 bzw. 3 Tagen operativ stabilisiert.

1c. Operative Behandlung der 35 offenen und geschlossenen Unterarmschaftfrakturen

In 24 Fällen wurden Radius und Ulna operativ versorgt, in lo Fällen nur der Radius und einmal nur die Ulna. So wurde insgesamt an 34 Radii und 25 Ulnae eine Osteosynthese durchgeführt. Die jeweilige Ulnafraktur wurde bei 7 Frakturen im distalen Schaftdrittel oder an der distalen Drittelgrenze und 3 Frakturen in Schaftmitte nicht versorgt. Nach Reposition und Osteosynthese der Radiusfraktur wiesen auch die Ulnae zumindest anfänglich eine gute Stellung auf.
Bei Versorgung beider Knochen wurde in 21 Fällen zuerst der Radius versorgt, in 3 Fällen zuerst die Ulna.

Offene oder geschlossene Reposition der Fraktur

Bei 28 durchschnittlich nach 4 - spätestens nach 12 - Tagen versorgten Radii gelang 15 mal die geschlossene Reposition.
Achtmal mußte die Frakturstelle - nach dem Versuch einer geschlossenen Reposition - eröffnet werden und fünfmal wurde die Radiusfraktur sofort freigelegt, und zwar

- bei einer 12 Tage alten Fraktur
- zum Aufbohren des Markraumes von der Frakturstelle aus
- bei stark dislozierter distaler Fraktur
- in zwei Fällen von stark dislozierten Frakturen im mittleren und proximalen Schaftdrittel bei kräftiger Muskulatur.

Bei 21 versorgten Ulnae gelang 14 mal die geschlossene Reposition, dreimal mußte die Fraktur wegen der nicht möglichen geschlossenen Reposition freigelegt werden und viermal wurde die Ulnafraktur sofort freigelegt:

- zweimal bei der Wundrandexcision der über der Ulna gelegenen Wunde
- einmal bei 12 Tage alter Fraktur
- einmal zum Aufbohren des Markraumes von der Frakturstelle aus.

Bei 6 nach (frühestens) 18 Tagen versorgten Frakturen konnte nur in einem Fall der Radius geschlossen versorgt werden. Alle anderen operativ stabilisierten Frakturen von Radius und Ulna mußten freigelegt werden.

Osteosynthesematerial

	Radius	Ulna
RUSH-Pin	28	14
KÜNTSCHER-Nagel	4	4
KIRSCHNER-Draht	2	3
Cerclage(zusätzlich)	(1)	(1)
Ellenfederschraube	-	2
Ellenfeder mit Zentralnagel	-	2

Die Versorgung des Radius erfolgte mit einer Ausnahme vom processus styloides radii aus. In einem Fall konnte der Pin dort nicht eingeführt werden, da eine alte, verheilte Radiusfraktur loco-typico vorlag. In einem anderen Fall wurde der Radiusmarkraum von der Bruchstelle auf 5 mm Durchmesser aufgebohrt, dann wurde ein Pin eingeschlagen.

Die Versorgung der Ulna erfolgte mit 2 Ausnahmen vom Olecranon her, bei 2 weit distal gelegenen Frakturen wurden die Pin's vom Ulnaköpfchen aus eingeführt. Zum Einschlagen von 7 mm starken KÜNTSCHER-Nägeln wurde die Ulna in zwei Fällen aufgebohrt.

Bei 2 Osteosynthesen am Radius war der Markraum auch für den dünnsten Pin noch zu eng, es konnten nur KIRSCHNER-Drähte eingeführt werden. Bei der Ulna war dies dreimal der Fall, einmal sprengte der Pin die Corticalis an der Frakturstelle (Abb.11, S.79), die Fraktur wurde dann mit einem KIRSCHNER-Draht und einer Cerclage versorgt. In einem anderen Fall hatte ein RUSH-Pin die Radiuscorticalis im proximalen Schaftdrittel gesprengt. Der Pin wurde belassen, eine zusätzliche Cerclage angelegt.
Ellenfederschrauben (2) wurden bei 3 bzw. 32 Tagen alten, an der distalen und proximalen Drittelgrenze gelegenen Unterarmfrakturen bei offener Reposition eingesetzt, 2 Ellenfedern mit Zentralnagel wurden nach Aufbohren der Markräume von der Frakturstelle bei einer einen Tag alten Fraktur, der Osteotomiestelle bei einer 4 Monate alten fehlgeheilten Fraktur angewandt, die Frakturen lagen im Bereich der distalen Drittelgrenze und in Schaftmitte.

Postoperative Ruhigstellung

Sämtliche Frakturen wurden postoperativ entweder auf einer CRAMER-Schiene oder einer dorsalen Gipslonguette ruhiggestellt. 6 Patienten, darunter 4, bei denen nur ein Knochen stabilisiert worden war, wurden mit noch liegendem Armgips zur ambulanten Weiterbehandlung entlassen. (Tab.I).

Fragmentstellung nach der operativen Versorgung

a) Versorgung nur des Radius (lo Fälle)

Eine anatomisch exakte Stellung der Radiusfragmente wurde in 5 Fällen erreicht, während es bei 4 Fällen mit an der distalen Schaftdrittelgrenze gelegenen Frakturen zu Verschiebungen des distalen Fragmentes um Corticalis-bis halbe Schaftbreite nach radial oder radial-dorsal gekommen war. Die Achsenknickungen erreichten in 2 Fällen 10°. Bei einer Fraktur in Schaftmitte kam es zu einem Achsenknick in nach ulnar und volar offenem Winkel.

Osteosynthese

Dauer der Ruhigstellung (Tage)		Radius	Ulna	Off. Frakt.	"Alte Frakt.
- 10	6 +)	P	FS		X
	8 +)	P	F		
	10	P	N 7mm	x	
10 - 20	12 +)	P	P		x
	14 +)	P	N 7mm	x	
	14 +)	N	N	x	
	14	P	P		
	20	P	F		x
20 - 30	21	P	P		
	25 +)	P u.C	FS		
	29	P	KD	x	
30 - 40	32	P	-		x
	32				
	35	P	P	x	
	36	N	-		
40 - 50	40	P	-		
	41	P	P	x	
	46	KD	KD		
	47	P	-		x
	48	P	P	x	
50 - 60	53	P	P	x	
	56	P	KD u.C		
	60	P	N		
Mehr als 60	66	KD	P		
	100	P	-	x	
	104	N	-	x	

P = RUSH-Pin
FS = Ellenfederschraube
C = Cerclage
N = KÜNTSCHER-Nagel
F = Ellenfeder
KD = KIRSCHNER-Draht

Tab.I: Ruhigstellung auf Cramerschiene oder Gips
+) = Cramerschiene

Bei den (nicht versorgten) Ulnafrakturen wiesen 2 der 3 Frakturen in Schaftmitte eine anatomisch exakte Stellung auf.
Von den 7 Frakturen im distalen Schaftdrittel oder an der distalen Drittelgrenze wiesen 2 eine gute Stellung auf, in 4 Fällen zeigte sich im Laufe der auf die Operation folgenden Tage eine Dislokation des distalen Fragmentes ad latus nach radial oder radial-volar um Corticalis- bis Schaftbreite mit Achsenknick, in einem Fall auch um eine halbe Schaftbreite nach ulnar.

b) Versorgung nur der Ulna (1 Fall)
In diesem Fall wies die Ulna eine exakte Stellung auf, der Radius zeigte einen Achsenknick von 10^{o} in radial und 20^{o} in nach dorsal offenem Winkel.

c) Versorgung von Radius und Ulna (24 Fälle)
In 10 Fällen wurde eine anatomisch exakte Stellung beider Frakturen erreicht.
In 6 Fällen - meist Frakturen an der distalen Schaftdrittelgrenze - kam es zu Verschiebungen ad latus des distalen Radius um Corticalis- bis halbe Schaftbreite nach radial (Abb.8,S. 76), dazu in weiteren Fällen Verschiebungen der distalen Ulnae ad latus um Corticalisbreite nach volar, ebenfalls mit Achsenknick. In einem Fall trat bei einer Fraktur an der proximalen Schaftdrittelgrenze nach Sprengung der Corticalis durch einen Pin eine Verschiebung ad latus um drei Viertel Schaftbreiten mit Achsenknick von 10^{o} auf, hier bestand auch röntgenologisch ein dringender Verdacht auf Rotation der Fragmente gegeneinander.
In einem Fall wurde das mittlere Fragment einer doppelten distalen Ulnafraktur, das noch in sich gebrochen war, auseinandergetrieben. Da der früher schon einmal von einer loco-typico-Fraktur betroffene Radius unter Verkürzung ge-

heilt war, entstanden jetzt wieder exakte Längenverhältnisse.
Bei einer Fraktur in Schaftmitte kam es zu einer angedeuteten X-förmigen Stellung der 4 Fragmente (Abb.II, S.79). Der Achsenknick des Radius entsprach dabei der dem Pin vorgegebenen Biegung. Bei dieser Patientin entwickelte sich ein Brückencallus.
Eine Fraktur, die wegen mehrerer Druckstellen zuerst nicht versorgt werden konnte, war nach 4 Monaten bei starker Callusbildung in Fehlstellung verheilt.

Heilstörungen
Drei Patienten mit Unterarmschaftfrakturen, die operativ versorgt wurden, mußten wegen Störungen der Heilung nochmals operiert werden. Es handelte sich dabei um folgende Fälle:

Fall I (Abb.10, S.78)
18-jähriger Patient mit distaler Schrägfraktur beider Knochen und Dislokation in allen Qualitäten, Aussprengung aus dem Processus styloides ulnae.
Primäre offene Versorgung beider Frakturen mit dem RUSH-Pin. Dehiszenz beider Frakturspalte, der vom Olecranon eingeführte Pin erfaßte das distale Fragment nicht ausreichend. Später Zusammenrücken der Radiusfragmente, das distale Fragment ist jedoch ad latus nach radial verschoben und scheint rotiert gegenüber dem proximalen Fragment. Weiterhin Dehiszenz der Ulnafragmente und Ulnavorschub. Nach 3 Monaten noch verzögerte Heilung des Radius und Pseudarthrose der Ulna.
Therapie: Resektion der Pseudarthrose und Korrektur des Ulnavorschubes, dann Anlegen eines autologen Beckenkammspanes, der mit 2 Federkopfschrauben fixiert wird. Anlegen eines Kieler Spanes an die Radiusfraktur. Gipsverband für 8 Wochen.
Die Frakturen wurden fest, funktionelles Resultat

S. 64

Fall II

22-jähriger Patient mit einer Unterarmschaftfraktur im mittleren Drittel. Am gleichen Arm bestand eine perilunäre Luxation, dazu multiple Frakturen an allen 4 Extremitäten.

Operative Versorgung nach 3 Monaten. Bei der offenen Reposition der Frakturen fand sich keine nennenswerte Callusbildung. Stabilisierung mit 2 RUSH-Pin's, Gipsschiene für 21 Tage.

6 Monate nach dem Unfall Schwellung im Bereich des Unterarmes, röntgenologisch Anhalt für entzündlichen Prozeß im Frakturbereich der Ulna. Punktion der Schwellung, Züchtung von Staphylokokkus aureus aus dem Punktat.

Therapie: Nach Ablauf von 7 Wochen und intensiver konservativer Behandlung Aufbohren des Markraumes der Ulna auf 6 mm Durchmesser, Einführen einer Ellenfeder und Einschlagen eines Zentralnagels, Cramerschienenverband für 1o Tage.

Die Fraktur konsolidierte knöchern, funktionelles Resultat:S.63

Fall III (Abb.9, S.77)

58-jähriger Patient mit einer offenen Unterarmschaftfraktur an der distalen Drittelgrenze, Ulnaschrägfraktur und doppelte Fraktur des Radius mit 5 cm langem Fragment.

Primäre Versorgung mit 2 RUSH-Pin. Es verbleibt ein Achsenknick des Radius und eine Dehiszenz im Bereich der Ulnafraktur. Der Pin ist im distalen Fragment der Ulna festgefahren.

Nach einem Monat Stellungskorrektur des Radius durch Herausziehen, Biegen und Wiedereinführen des RUSH-Pin. Weiterhin Schwellneigung des Armes, Ausbildung einer Ulnapseudarthrose, verzögerte Heilung des Radius.

Therapie:5 Monate nach dem Unfall Freilegen der Pseudarthrose, Aufbohren der Markräume, Einführen der Ellenfeder, Befestigen des Federdrahtes im distalen Fragment an einer durch beide Corticales gedrehten Schraube. Dadurch wird aber der Ulnavorschub nicht sofort beseitigt, die Kraft der Feder bewirkt das vollständige Zurückziehen der distalen Ulna im Laufe einiger Tage (Abb.9b, S.77)
Fraktur knöchern verheilt, funktionelles Resultat: S.64.

2. Zur Weiterbehandlung eingewiesene veraltete Unterarmschaftfrakturen und Heilstörungen nach Unterarmschaftfrakturen (13 Patienten)

Anzahl d. Fälle	Alter der Verletzung	Art der Heilstörung / Fehlstellung
4	16, 19, 2o 23 Tage	Fehlstellung im Bereich von Radius und Ulna
2	1O,12 Wochen	Fehlstellung von Radius und Ulna mit verzögerter Heilung
4	5,5,5,13 Monate	Pseudarthrosen von Radius und Ulna
1	12 Monate	Pseudarthrose des Radius, Ulna in Fehlstellung konsolidiert
1	5 Monate	Radius konsolidiert, Pseudarthrose der Ulna
1	7 Monate	Radius in ausreichender Stellung konsolidiert, Fehlstellung der Ulna

Vorangegangene Behandlung:

Konservativ in lo Fällen, 3 Frakturen waren schon einmal operativ versorgt worden

- "blutige Reposition"
- Versorgung beider Knochen mit RUSH-Pin's
- 4 Nagelungen beider Knochen innerhalb von 13 Monaten.

Die Wunden von 2 offenen Frakturen waren bei der Aufnahme zur operativen Revision verheilt.
Bei einer 16 und einer 23 Tage nach dem Unfall eingewiesenen Fraktur lagen zusätzlich noch Femurfrakturen vor. In einem Fall wurde die Nagelung der Femurfraktur zusammen mit der Versorgung der Unterarmfraktur durchgeführt, im anderen Fall wurde zuerst der Femur genagelt, die Unterarmfraktur wurde dann erst 48 Tage nach dem Unfall versorgt.

2a) Operative Versorgung

Sechs Unterarmschaftfrakturen mit Fehlstellung der Fragmente oder Fehlstellungen und verzögerte Heilung wurden zwischen dem 19.und 98.Tag nach dem Unfall operativ versorgt. Der Radius wurde in allen 6 Fällen unter Eröffnung der Bruchstelle mit einem von processus styloides radii aus eingeführten RUSH-Pin stabilisiert, die Ulnae wurden in 3 Fällen nicht versorgt, in den anderen 3 Fällen wurden - zweimal nach offener Reposition - KÜNTSCHER-Nägel eingeschlagen.
Vier Unterarmschaftpseudarthrosen wurden 5 - 13 Monate nach den Unfällen operativ versorgt.In einem Fall gelang es, beide Knochen nach Aufbohren der Markräume ohne Eröffnung der Frakturstellen zur Reposition mit KÜNTSCHER-Nägeln zu versorgen. In weiteren 2 Fällen wurden die Pseudarthrosen freigelegt, nach Abwinkeln der Fragmente wurde der distale und der proximale Markraum auf einen Durchmesser von 6 bzw. 7 mm aufgebohrt. Die Ellenfedern wurden dann vom Olecranon aus eingeführt und der Federdraht handgelenknahe aus dem Knochen herausgeführt und umgebogen. Danach wurde die Feder gespannt und vom Olecranon der Zentralnagel eingeschlagen. Die Radii wurden mit RUSH-Pin's versorgt, zur besseren Stabilisierung wurde in einem Fall audh der Radiusmarkraum auf 6 mm aufgebohrt. Im vierten Fall wurde die Ulna in der geschilderten Weise mit der Feder versorgt, am Radius ließ sich jedoch mit dem Pin keine ausreichende Stabilisierung erreichen, es wurden lediglich Kieler Späne angelegt.

Eine in Fehlstellung verheilte Ulna bei in ausreichender Stellung verheiltem Radius wurde osteotomiert und, da das Aufbohren des Markraumes mißlang, mit einem Pin versorgt.

Eine Pseudarthrose der Ulna bei in guter Stellung verheiltem Radius wurde unter Eröffnung des Pseudarthrosenspaltes mit einer vom Olecranon eingeführten Federschraube versorgt.

Eine Pseudarthrose des Radius mit in Fehlstellung verheilter Ulna und Ellenvorschub wurde durch offene Marknagelung des Radius nach Aufbohren auf 6 mm und Resektion der Ulna mit folgender Stabilisierung durch eine vom Olecranon eingeführte Federschraube zur Heilung gebracht.

Postoperative Ruhigstellung (3 Pat.wurden mit Gips entlassen)

Dauer d. Ruhigstellung(Tage)	Osteosynthese Radius	Ulna	Bemerkungen
8	P	N	3 Monate alte Fraktur
8	P 6 mm Ø	F 7 mm Ø	Unterarmpseudarthrose Fixation des Federdrahtes distal mit einer Lasche
8	- fest	FS	Ulnapseudarthrose
10	N 7 mm Ø	N 8 mm Ø	Unterarmpseudarthrose
10	N 6 mm Ø	FS6 mm Ø	Radiuspseudarthrose Ulnafehlstellung
14	P	F 6 mm Ø	Unterarmpseudarthrose
15	P	n.versorgt	23 Tage alte Fraktur
16	P	N	48 Tage alte Fraktur
36	P	n.versorgt	lo Wochen alte Fraktur
120	Späne	F 5 mm Ø	13 Monate alte Fraktur, 4 x genagelt, Unterarmpseudarthrose, Ulna schnell fest, verz.Heilung des Radius.

P = RUSH-Pin
N = KÜNTSCHER-Nagel "8 mm Ø" Markraum auf 8 mm aufgebohrt
F = Ellenfeder mit Zentralnagel
FS = Ellenfederschraube

Tab.II

Postoperative Fragmentstellung

Bis auf Verschiebung des distalen Radius ad latus um Corticalisbreite in einigen Fällen und einer bei Nagelung der Ulna aufgetretenen Verbiegung des Pin in Radius (Achsenknick von 15^{o}) wurde in allen Fällen gute Stellung des Radius erreicht. Die nicht versorgten Ulnae wiesen einmal einen Achsenknick von 10^{o} und eine Seitenverschiebung auf, ansonsten im Bereich der Ulnafrakturen exakte Fragmentstellung.

B. Isolierte Radiusschaftfrakturen bei Erwachsenen

Anzahl der Patienten: 7
1 Frau, 68 Jahre alt,
6 Männer, Durchschnittsalter 40,1 Jahre

Zweimal war der rechte, fünfmal der linke Arm betroffen.

Unfallursachen:

Arbeitsunfälle	3
Verkehrsunfälle	2
Hausunfälle	1
Sportunfälle	1

1. Frische geschlossene Frakturen

Bei den 7 Radiusfrakturen handelte es sich um 3 Querfrakturen, 2 Schrägfrakturen und je eine doppelte und eine Refraktur. Bei der Refraktur hatte 3 Monate vorher ein Bruch an der distalen Schaftdrittelgrenze vorgelegen, der Heilverlauf unter konservativer Behandlung schien ungestört. Der Patient hatte jetzt wiederum einen Sportunfall erlitten.

In 3 Fällen kam es zu Abrissen des processus styloides ulnae ohne Luxation im distalen Radioulnargelenk.

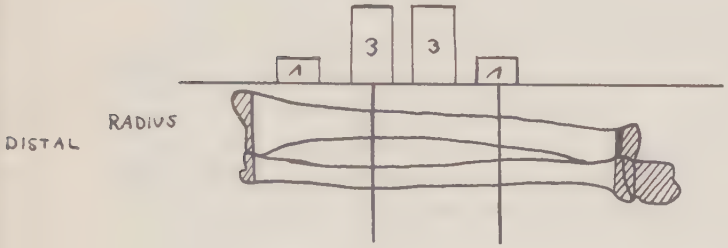


Abb.4: Verteilung der Radiusfrakturen nach Schaftdritteln und Drittelgrenzen

Nebenverletzungen in 3 Fällen

- Schockzustand, Schädelfraktur, Commotio cerebri
- Schockzustand, Commotio cerebri, Femurfraktur
- Humerusfraktur (auf der gleichen Seite).

1a) Therapie der Frakturen

Bei 3 Fällen mit Nebenverletzungen wurde kein primärer Repositionsversuch durchgeführt, die operative Versorgung erfolgte - z.T. nach Versorgung anderer Frakturen - nach 16, 19 und 23 Tagen. Bei 3 weiteren Fällen konnte auf konservativem Wege kein ausreichendes Resultat erzielt wer, den, zweimal kam es zum Abrutschen der Fragmente im Gipsverband. Diese Frakturen wurden nach 2, lo und 12 Tagen

versorgt. Die Refraktur wurde nach erfolglosem konservativem Behandlungsversuch am Tage nach der Aufnahme operativ reponiert und stabilisiert.

1b) Operatives Vorgehen

In allen 7 Fällen wurden RUSH-Pin's von processus styloides radii in den Radiusmarkraum eingeführt, dabei mußten die Frakturen in 5 Fällen freigelegt werden.
Bei einer Schrägfraktur in Schaftmittel mußte neben dem Pin eine Schraube quer durch die Corticalis beider Fragmente gedreht werden, mit dem Pin allein ließ sich hier keine ausreichende Stabilität erzielen.

Postoperative Ruhigstellung

Die Frakturen wurden für durchschnittlich 22,5 Tage mit einer Armgipslonguette ruhiggestellt, dabei betrug die kürzeste Fixationsdauer 7 Tage, die längste 42 Tage und in 5 Fällen lag sie zwischen 17 und 29 Tagen.

Fragmentstellung nach der operativen Versorgung

Eine anatomisch exakte Stellung wurde in 3 Fällen erreicht, in 4 Fällen traten Verschiebungen ad latus um Corticalisbreite auf, in 2 Fällen Achsenknickungen um etwa 5^{o}.
Sämtliche Wunden heilten primär.

C. GALEAZZI-Frakturen und Radiusfrakturen mit Fraktur des Ulnaköpfchens

Anzahl der Patienten: 8
7 Frauen, Durchschnittsalter 62,5 Jahre
1 Mann, 24 Jahre alt

in 6 Fällen war der linke, in 2 Fällen der rechte Arm betroffen.

Unfallursachen

Häusliche Unfälle "auf den Arm gefallen"	6
Verkehrsunfälle	2

1. Frische geschlossene Frakturen

In 4 Fällen lagen GALEAZZI-Frakturen mit Luxation des Ulnaköpfchens dreimal nach volar und einmal nach dorsal vor, dazu in 2 Fällen ein zusätzlicher Abriß des processus styloides ulnae.
In den anderen 4 Fällen war es ebenfalls zu Radiusschaftfrakturen gekommen, es fanden sich jedoch gleichzeitig Frakturen der distalen Ulna unmittelbar proximal des Köpfchens oder des Köpfchens selbst.
Alle 8 Radiusfrakturen lagen an der distalen Drittelgrenze, es handelte sich um 4 Quer- und 4 Schrägfrakturen.

Nebenverletzungen

- Commotio cerebri
- Hüftluxation.

1a) Therapie der Frakturen

In allen Fällen ging der operativen Versorgung ein konservativer Behandlungsversuch voraus, die erreichte Reposition war dann nicht ausreichend oder die Retention im Gipsverband gelang nicht. Der operative Eingriff erfolgte einmal noch am Unfalltag, in den anderen 7 Fällen nach durchschnittlich 5,4 Tagen.

1b) Operatives Vorgehen

In 5 Fällen wurden RUSH-Pin's vom processus styloides in den Radiusmarkraum eingeschlagen, dreimal gelang die geschlossene Reposition.
Bei der Versorgung einer GALEAZZI-Fraktur wurde durch einen KÜNTSCHER-Nagel die Corticalis etwas proximal der Fraktur gesprengt. Diese Fraktur wurde daraufhin mit 2 KIRSCHNER-Drähten und einer Cerclage versorgt (Abb.6, S. 75)

Bei einer anderen GALEAZZI-Fraktur wurde ebenfalls beim Einschlagen eines KÜNTSCHER-Nagels die Corticalis ge - sprengt, zusätzlich verließ der gebogene Nagel 12 cm proximal der Fraktur den Markraum. Der Nagel wurde belassen, Anlegen eines Corticalisspanes und Fixation mit Ligaturen.

Postoperative Ruhigstellung

Sämtliche Frakturen wurden postoperativ mit einer Armgipslonguette oder einem Armgips ruhiggestellt, die Dauer der Ruhigstellung betrug maximal 81 Tage, in den anderen 7 Fällen 23 bis 47 Tage, durchschnittlich 35 Tage.

Fragmentstellung nach der operativen Versorgung

Bei 2 GALEAZZI-Frakturen wurde eine gute Fragmentstellung mit nur leichter Seitenverschiebung im Bereich der Radiusfraktur erzielt.

Bei einer GALEAZZI-Fraktur, bei der die Corticalis intraoperativ gesprengt worden war, verblieb - neben einem geringen Achsenknick - eine Verkürzung des Radius mit Vorschub der Ulna. Im Fall der vierten GALEAZZI-Fraktur, die - ebenfalls nach Sprengen der Corticalis - zusätzlich mit einem Span und 2 Ligaturen versorgt wurde, zeigte sich anfangs eine gute Stellung. Im Laufe der auf den Eingriff folgenden Tage kam es jedoch zu einer Verkürzung des Radius mit Vorschub der Ulna.
Bei den Frakturen mit Beteiligung des Ulnaköpfchens wies der Radius einmal eine exakte Stellung auf, in den anderen Fällen verblieben leichte Seitverschiebungen und Achsenknickungen bis zu 10^{o}. Die Frakturen im Bereich der Ulna zeigten ebenfalls Verschiebungen ad latus um Corticalis bis halbe Schaftbreite. Sämtliche Wunden heilten primär.

D. Isolierte Ulnafrakturen bei Erwachsenen und Heilstörungen nach isolierten Ulnafrakturen

Anzahl der Patienten 6

2 Frauen, 32 und 39 Jahre alt
4 Männer, Durchschnittsalter 5o,1 Jahre

Rechter und linker Arm waren je dreimal betroffen.

Unfallursachen

Verkehrsunfälle	5
Sportunfälle	1

1. Frische geschlossene Frakturen

Es handelte sich hier um 2 Querfrakturen in Schaftmitte und eine dreifache Fraktur.

Nebenverletzungen in 2 Fällen

- Schockzustand, Rippenfraktur mit Hämatothorax, Beckenfraktur, Femurfraktur, Commotio cerebri
- Commotio cerebri, Thoraxprellung.

1a) Therapie der Frakturen und operative Versorgung

In einem Fall kam es nach Reposition und Ruhigstellung im Gipsverband zu einer verzögerten Heilung der Ulnafraktur. Nach 12 Wochen Aufbohren der Markräume distal und proximal der Fraktur von der Bruchstelle aus, Einführen einer Feder mit Zentralnagel. Die Feder mußte wegen der langsamen Heilung der Fraktur nach 14 Monaten nachgespannt werden, die Fraktur wurde fest.

Im zweiten Fall wurde bei der nach Abklingen der commotionellen Erscheinungen durchgeführten Reposition keine ausreichende Stellung erreicht. Die mehrfach gebrochene Ulna wurde nach 3 Wochen unter Eröffnung einer der Frakturstellen zur Reposition mit einem KÜNTSCHER-Nagel versorgt.

Im dritten Fall wurden zuerst die massiven Nebenverletzungen behandelt, der Femur wurde genagelt. Nach 6 Wochen Versorgung der in Fehlstellung verzögert heilenden Ulna nach offener Reposition des Bruches mit einer Ellenfederschraube. Dem Gewinde der Federschraube wurde im distalen Teil der Ulna durch eine Querschraube ein guter Halt gegeben.

2. Zur Weiterbehandlung eingewiesene Pseudarthrosen und verzögerte Heilungen nach Ulnafrakturen

Es handelte sich bei diesen Fällen im einzelnen um eine Pseudarthrose im proximalen Schaftdrittel nach Versorgung der Fraktur mit einer A.O.-Platte vor 12 Monaten, eine 5 Monate alte, nach konservativer Behandlung aufgetretene Pseudarthrose im Bereich der distalen Drittelgrenze und eine 7 Wochen alte verzögerte Heilung im distalen Schaftdrittel.

2a) Operatives Vorgehen

Die bereits voroperierte Fraktur wurde nach Aufbohren des Markraumes von der Frakturstelle aus mit einer vom Olecranon in typischer Weise eingeführten Ulnafeder mit Zentralnagel versorgt.
In den anderen Fällen gelang das Aufbohren der Ulna nicht, in einem Fall wurde ein autologer Beckenkammspan mit 2 Corticalisschrauben an den Fragmenten fixiert, im anderen Fall

wurde anstelle des damals noch nicht vorhandenen A.O.-Instrumentariums, eine Corticaliskalbsspanplatte pro Fragment mit einer Corticalis- und einer Federkopfschraube fixiert.

Postoperative Ruhigstellung

Die mit Federn oder dem Marknagel stabil versorgten Frakturen wurden lediglich für 2, 6, 8 und 14 Tage auf einer Cramerschiene ruhiggestellt, die mit den Spänen versorgten Frakturen bekamen einen Armgips für 8 Wochen.

Fragmentstellung nach der operativen Versorgung

Exakte Stellung wurde in allen Fällen mit metallischer Osteosynthese erreicht, leichte Achsenknickungen verblieben bei den mit Spänen versorgten Frakturen.

E. MONTEGGIA-Frakturen und proximale Ulnafrakturen mit Fraktur im Bereich des Radiusköpfchens ohne Luxation und Heilstörungen nach solchen Frakturen

Anzahl der Patienten 14

12 Frauen, Durchschnittsalter 58,3 Jahre

2 Männer, 7o und 71 Jahre alt

Sechsmal war der rechte, achtmal der linke Arm betroffen.

Unfallursachen

Häusliche Unfälle "auf den Arm gefallen"	11
Verkehrsunfälle	3

1. Frische offene und geschlossene Frakturen

Es handelt sich dabei um 11 Frakturen.

An der Ulna waren 6 Schräg-, 4 Trümmer- und eine Querfraktur aufgetreten. Das Radiusköpfchen war in 6 Fällen luxiert, teilweise unter Aussprengung eines kleinen Fragmentes, dabei bestand fünfmal eine MONTEGGIA -Fraktur nach dorsal und einmal nach ventral.

In 5 Fällen war das Radiusköpfchen nicht luxiert, war aber wie folgt an der Fraktur beteiligt:

- 1 Radiusköpfchenstauchungsfraktur
- 1 Fraktur im Bereich des Radiushalses
- 1 Abbruch des ulnaren Teils des Köpfchens
- Zweimal war das Radiusköpfchen noch im Halsbereich frakturiert und abgekippt, einmal zeigte sich ein in den proximalen Radiusschaft ziehender Frakturspalt.

Alle Ulnafrakturen lagen zwischen der proximalen Schaftdrittelgrenze und dem processus coronoides Ulnae, es bestand ein Achsenknick der Ulna nach dorsal und eine Varus-

stellung der Fragmente.
Offene Frakturen: 1
Nebenverletzungen: keine

1a) Therapeutisches Vorgehen

Die eine offene Fraktur und eine der MONTEGGIA-Frakturen wurden primär operativ stabilisiert.
Bei 9 Frakturen erbrachte die konservativ begonnene Behandlung kein ausreichendes Resultat.

1b) Operatives Vorgehen

Die operative Versorgung wurde nach durchschnittlich 12,4 Tagen durchgeführt. Dabei wurden benutzt:

1	Ellenfederschraube
1	RUSH-Pin
6	konische Ulnanägel
3	KÜNTSCHER-Nägel

Lediglich bei 3 Osteosynthesen wurde die Fraktur freigelegt. Das Ligamentum anulare wurde nicht genäht. Bei einer Stauchungsfraktur wurde das frakturierte Radiusköpfchen entfernt.
Ein nicht im Markraum des distalen Fragmentes liegender Nagel wurde nach 16 Tagen wieder entfernt, die Fraktur wurde in Fehlstellung fest.

Postoperative Ruhigstellung

Eine Patientin verstarb vor Abnahme des Gipses, 3 Patientinnen wurden mit liegenden Gipsverbänden in ambulante Weiterbehandlung entlassen.

Die übrigen Frakturen wurden zwischen 26 und 42, durchschnittlich für 33 Tage, auf einer Armgipslonguette ruhiggestellt.

Fragmentstellung nach der operativen Versorgung

Bei den 6 MONTEGGIA-Frakturen ergab sich in 5 Fällen eine achsen- und gelenkgerechte Stellung, in einem Fall verblieb eine Subluxation des Radiusköpfchens nach dorsal bei Achsenknick der Ulna in nach volar offenem Winkel von 10^{o}.

Bei den anderen Frakturen wurden die folgenden Resultate erreicht:

- 2 Fälle mit exakter Fragmentstellung
- einmal war das Radiusköpfchen weiterhin nach ventral abgekippt bei Achsenknick der Ulna von 10^{o} in nach volar offenem Winkel
- einmal war das Radiusköpfchen ebenfalls abgekippt, nach Entfernung des Nagels (s.o.) verblieb ein Achsenknick der Ulna von 45^{o} in nach volar offenem Winkel und eine Varusstellung der Fragmente von 30^{o}
- einmal entstand nach Nagelung der Ulna eine Dehiszenz an der Frakturspalte, ansonsten exakte Fragmentstellung.

Sämtliche Frakturen wurden fest, alle Wunden heilten primär.

2. Zur Weiterbehandlung eingewiesene Heilstörungen nach MONTEGGIA-Frakturen

Es handelte sich hierbei um 3 Patienten.
In einem Fall lag eine dreieinhalb Monate alte MONTEGGIA-Fraktur vor, bei der nach operativer Versorgung mit einem RUSH-Pin und einer Cerclage eine verzögerte Heilung der Ulna eingetreten war. Diese Fraktur wurde nach Aufbohren des Markraumes auf 6 mm Durchmesser mit einer Feder und einem Zentralnagel versorgt, die Ruhigstellungsdauer betrug 14 Tage (Cramerschiene), die Fraktur wurde bei guter Fragmentstellung fest.

Im zweiten Fall handelte es sich um eine 14 Jahre (!) alte MONTEGGIA-Fraktur, die in diesem Zeitraum bereits dreimal operativ behandelt worden war, einmal unter Entfernung des Radiusköpfchens.
Auch der zuletzt eingeschlagene KÜNTSCHER-Nagel hatte die Pseudarthrose nicht zur Heilung bringen können und war jetzt gebrochen, bei relativ geringer Bewegungseinschränkung waren starke Schmerzen aufgetreten. Die Versorgung der Pseudarthrose geschah in typischer Weise mit der Feder mit Zentralnagel. Dabei wurde eine exakte Stellung erreicht, nach der Osteosynthese wurde für 38 Tage eine Armgipslonguette angelegt.

Im drittel Fall war bei der konservativen Behandlung einer MONTEGGIA-Fraktur eine schlechte Fragmentstellung aufgetreten.
Nach 5 Wochen wurde die Fraktur mit einem RUSH-Pin stabilisiert, eine exakte Reposition des Radiusköpfchens war nicht möglich, es wurde entfernt. Im Bereich der Ulna war eine gute Stellung der Fragmente erreicht worden, die Fraktur wurde für 41 Tage auf einer Armgipslonguette ruhiggestellt.

Sämtliche Wunden heilten primär, alle Frakturen wurden fest.

F. Frakturen bei Kindern

Alle Patienten im Alter bis zu 16 Jahren wurden in diese Gruppe eingeordnet.

Anzahl der Fälle 3o.

1. Isolierte Radiusfrakturen

Anzahl der Fälle 2

Ein Mädchen, 13 Jahre alt, linker Arm betroffen
Ein Knabe, 11 Jahre alt, rechter Arm betroffen.

Beide Unfälle waren Turnunfälle, es entstanden geschlossene Frakturen ohne Nebenverletzungen, eine Fraktur war eine Querfraktur im distalen, die andere eine Schrägfraktur im mittleren Schaftdrittel.

1a) Therapeutisches Vorgehen

In einem Fall wurde bei der primären Reposition kein ausreichendes Resultat erzielt, die Osteosynthese wurde nach 4 Tagen vorgenommen.

Im anderen Fall wurde bei 2 Repositionen eine jeweils ausreichende Fragmentstellung erzielt, jedoch war im Gipsverband die erreichte Stellung nicht zu halten. Osteosynthese nach 23 Tagen.

1b) Operatives Vorgehen

Adaptation der distalen Fraktur nach geschlossener Reposition durch einen von proximal eingeführten kurzen RUSH-Pin (Abb.5, a), Adaptation der in Schaftmitte gelegenen

Fraktur durch einen von distal unter Schonung der Epiphysenfuge eingeführten kurzen RUSH-Pin (Abb.5, b), ebenfalls nach geschlossener Reposition.

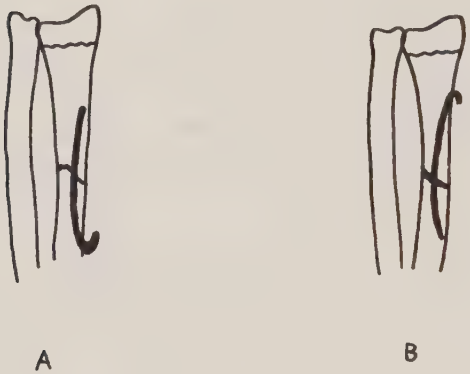


Abb.5: Möglichkeiten der Frakturadaptation mit kurzen RUSH-Pin unter Schonung der Epiphysenfuge

Postoperative Ruhigstellung

Armgips für 32 und 37 Tage.

Postoperative Fragmentstellung

Exakte Stellung bei der Fraktur in Schaftmittel, bei der distalen Fraktur Seitenverschiebung des distalen Fragmentes um Corticalisbreite nach radial-dorsal, Achsenknick von 25^{o} in nach radial offenem Winkel.

Sämtliche Wunden heilten primär, die Frakturen wurden fest.

2. Radiusosteotomien

Eine Osteotomie wurde bei einer 2 Monate alten, in Fehlstellung mit starkem Achsenknick in nach dorsal offenem Winkel geheilten Radiusfraktur durchgeführt. Der Patient war 12 Jahre alt.
Nach bogenförmiger Osteotomie des Radius wurde zum Ausgleich einer Längendifferenz von Radius und Ulna dorsal ein Kieler-Span im Sinne eines Keiles in den Osteotomiespalt eingeführt, ein zusätzlicher kurzer RUSH-Pin sollte Verschiebungen verhindern.
Es verblieb eine Achsenknickung von 25^{o} in nach dorsal und 25^{o} in nach radial offenem Winkel. Die Wunde heilte primär, die Fraktur wurde fest.

3. Unterarmschaftfrakturen bei Kindern

Anzahl der Fälle 27

7 Mädchen, Durchschnittsalter 8,4 Jahre
2o Knaben, Durchschnittsalter 12,8 Jahre.

In 14 Fällen war der rechte, in 13 Fällen der linke Arm frakturiert.

Unfallursachen

Meist typische Aussage wie z.B. "mit dem Arm auf Klavier geprallt", "beim Spiel auf den Arm gefallen",

Turnunfall(Fußballspiel, Rollschuhlaufen)	14
Unfälle auf Kinderspielplätzen	7
Hausunfälle	6

Nebenverletzungen

- Ellenbogenluxation (gleiche Seite)
- Milzruptur, Commotio cerebri.

Offene Frakturen: 4

3a) Distale Querfrakturen beider Knochen

Alle Frakturen in dieser Gruppe lagen im distalen Schaftdrittel und zeigten querverlaufende Frakturspalte. An zwei Ulnae traten Grünholzfrakturen auf.
Der Radius zeigte in 9 Fällen eine typische Dislokatio ad latus des distalen Fragmentes nach radial und dorsal mit Achsenknickung in nach dorsal offenem Winkel, in einem Fall mit nach vorlar offenem Winkel.
Die Ulna war viermal nicht disloziert (darunter bei 2 Grünholzfrakturen), viermal zeigte sich eine Dislokation ad latus des distalen Fragmentes nach radial, zweimal nach ulnar, die Achsenknickungen entsprachen denen des Radius.

Therapeutisches Vorgehen

In 3 Fällen wurden 2 Repositionsversuche vorgenommen, wobei jeweils eine ausreichende Stellung erreicht werden konnte, die sich dann - im Sinne der primär aufgetretenen Dislokation - im Gipsverband veränderte. Operative Versorgung nach 2, 11 und 14 Tagen.
In 7 Fällen wurde ein Repositionsversuch vorgenommen, bei nicht ausreichender Reposition wurde nach 1,2,2 und 4 Tagen operativ versorgt, bei Stellungsverschlechterung im Gips (s.o.), also nicht gelungener Retention, nach 11,12 und 2o Tagen.

Operatives Vorgehen

Nur zweimal wurden beide Knochen versorgt, siebenmal nur der Radius und einmal nur die Ulna.

	Anzahl der Versorgungen	Offene Repositionen	Geschlossene Repositionen	Osteosynthesematerial
Radius	9	7	2	7 RUSH-Pin 1 kurzer Nagel 1 KIRSCHNER-Draht
Ulna	3	2	1	2 RUSH-Pin(7 cm) 1 KIRSCHNER-Draht

In 2 Fällen stellten Periostteile ein Repositionshindernis dar, die Frakturstelle war deshalb freigelegt worden.

Das Osteosynthesenmaterial wurde - wie aus Abb.5, S.56 hervorgeht - entweder von distal oder proximal der Fraktur eingebracht, die Epiphysenfugen wurden geschont.

Postoperative Ruhigstellung

Die Frakturen wurden für durchschnittlich 39,5 Tage ruhiggestellt (Armgips oder Armgipslonguette).

Postoperative Stellung der Fragmente

Bei der Versorgung beider Knochen wurde einmal exakte Fragmentstellung erreicht, einmal verblieb ein Achsenknick der Ulna von 5^{o} in nach radial offenem Winkel. Bei Versorgung nur der Ulna zeigte sich eine Dislokation ad latus der distalen Fragmente von Radius und Ulna um 2 Corticalisbreiten nach radial mit geringem Achsenknick.

Bei Versorgung nur des Radius wurde dreimal exakte Stellung beider Frakturen erreicht, zweimal zeigte der Radius einen

Achsenknick von 10^{o} in nach radial offenem Winkel, dreimal traten Verschiebungen des distalen Fragmentes ad latus um Corticalisbreite auf.

3b) Unterarmschaftfrakturen bei Kindern

Anzahl der Fälle 17

Die frischen offenen und geschlossenen Schaftfrakturen lagen in erster Linie an der distalen und proximalen Schaftdrittelgrenze und in Schaftmitte, in der Mehrzahl befand sich die Ulnafraktur distal der Radiusfraktur.
Am Radius traten 12 Quer- und 4 Schrägfrakturen auf, an der Ulna 7 Quer- und 9 Schrägfrakturen.
Bei einer dieser Frakturen war der Unterarm an der gleichen Stelle 6 Monate vorher schon einmal frakturiert. Bei der ersten Fraktur handelte es sich um Schräg-, jetzt jedoch um Querfrakturen.

Eine in Fehlstellung verheilte Unterarmschaftfraktur kam zur operativen Stellungsverbesserung, seit dem Unfall waren 2 Monate vergangen.

Offene Frakturen: 4

Therapeutisches Vorgehen

Bei 12 frischen, geschlossenen Frakturen wurden in 3 Fällen 2 Repositionsversuche gemacht, in 9 Fällen nur ein Repositionsversuch. In allen Fällen gelangen Reposition oder Retention nicht, nach durchschnittlich 10 Tagen wurden die Frakturen operativ versorgt.
Von 4 frischen, offenen Frakturen waren 3 primär versorgt worden, in einem Fall wurde die Osteosynthese nach Abschluß der Wundheilung vorgenommen.

Operatives Vorgehen

Bei insgesamt 16 frischen Frakturen wurde 12 mal nur der Radius versorgt, viermal beide Knochen.
Zur Osteosynthese wurden benutzt:

	RUSH-Pin	KÜNTSCHER-Nagel	KIRSCHNER-Draht
Radius	13	1	2
Ulna	3	1	-

In 6 Fällen brauchte die Fraktur des Radius und in 2 Fällen die Fraktur der Ulna bei der Versorgung nicht freigelegt zu werden. Auch wurden die Epiphysenfugen soweit möglich geschont.
Bei der 2 Monate alten Fraktur in Fehlstellung wurde der Radius osteotomiert und die Ulna refrakturiert, nur der Radius wurde dann mit einem Pin versorgt.

Postoperative Ruhigstellung

Durchschnittlich 41 Tage Armgips oder Armgipslonguette.
Bei Versorgung beider Knochen mit langen Pin's wurde in 3 Fällen weniger als 14 Tage ruhiggestellt (8, 13 und 13 Tage).

Postoperative Fragmentstellung

In 5 Fällen kam es zu Achsenknickungen des Radius von 10° bis 15° in radial, ulnar oder dorsal offenem Winkel, in 2 Fällen entsprach dieser Achsenknick - zumindest in einer Ebene - der Biegung des RUSH-Pin.
In weiteren 5 Fällen kam es zu Verschiebungen ad latus des distalen Radius um Corticalis- bis Schaftbreite mit minimalem Achsenknick.
In 4 Fällen kam es zu Achsenknickungen und Verschiebungen ad latus der nicht versorgten Ulnae.
Sämtliche Wunden heilten primär, alle Frakturen wurden fest.

IV. N A C H U N T E R S U C H U N G E N

Die Untersuchungen wurden - mit 2 Ausnahmen - frühestens ein Jahr nach der Osteosynthese durchgeführt, bei den meisten Patienten lag der operative Eingriff jedoch schon lä nger zurück und das Osteosynthesematerial war bereits entfernt worden.

Von 113 Patienten, bei denen eine Osteosynthese am Unterarm vorgenommen wurde, konnten 82 (= 72%) nachuntersucht werden.

Die Messungen wurden unter Vergleich mit der anderen, nicht verletzten oberen Extremität durchgeführt, sofern nicht auch dort eine Behinderung bestand und somit ein Seitenvergleich nicht möglich war.

In der Aufstellung der funktionellen Resultate sind Pronation und Supination in den Vordergrund gestellt worden. Eingeteilt wird - neben der freien Beweglichkeit - in eine endgradige Einschränkung, eine Einschränkung um ein Drittel und um die Hälfte einer der Drehbewegungen der Unterarm - knochen gegeneinander. Bewegungsbehinderungen im Hand- und im Ellenbogengelenk werden - soweit vorhanden - aufgeführt, die exakte Aufstellung dieser Bewegungseinschränkungen (endgradig, 1/3, 1/2) werden für den entsprechenden Fall auf einer gesonderten Tabelle auf Seite 71 dargestellt (A,B,C,D etc.).

Besonderheiten hinsichtlich Fragmentstellung und/oder Heilverlauf werden nach Beschreibung jeder Bewegungseinschränkung angeführt.

1. Frische offene und geschlossene Unterarmschaftfrakturen bei Erwachsenen

Von 35 Patienten konnten 2o nachuntersucht werden, in 5 Fällen konnten detaillierte Untersuchungsergebnisse aus Akten entnommen werden (insgesamt 71,5% erfaßt).

4 Patienten waren in der Zwischenzeit verstorben.

8 Patienten zeigten keinerlei Bewegungseinschränkung

In 3 dieser Fälle war nur der Radius versorgt worden, dabei wies die Ulna zweimal eine Dislokatio ad latus um eine halbe bis eine Schaftbreite auf. Bei den anderen 5 Fällen zeigte sich dreimal eine Verschiebung ad latus des distalen Radiusfragmentes um Corticalis- bis halbe Schaftbreite, Abb.8, S.76 . 2 Patienten hatten schon früher Radiusfrakturen loco-typico erlitten.

2 Patienten mit Bewegungsbehinderung lediglich im Handgelenk

In einem Fall bestand schon, bedingt durch eine alte Fraktur, eine Fehlstellung mit Ulnavorschub (A), bei dem anderen Patienten (Fall II, S.37) war es gleichzeitig zu einer perilunären Luxation gekommen (B).

4 Patienten mit Einschränkung nur einer Drehbewegung, dabei war einmal die Supination und zweimal die Pronation endgradig, einmal die Supination um ein Drittel behindert.

Bei dem letztgenannten Fall hatte es sich um eine Fraktur an der proximalen Drittelgrenze gehandelt, die mit Seitverschiebung und einem Achsenknick von 10° sowie Rotationsverschiebung geheilt war.

2 Patienten mit Einschränkung beider Drehbewegungen, endgradig

In einem Fall wurde exakte Stellung beider Knochen erreicht, im anderen lediglich exakte Stellung des Radius und ein Achsenknick von 25° der nicht stabilisierten Ulna.

3 Patienten mit endgradigen Einschränkungen beider Drehbewegungen und Behinderung im Handgelenk (C,D,E)

Einmal bestand lediglich eine Dislokatio ad latus des distalen Radiusfragmentes (C), einmal eine exakte Stellung und einmal (Fall III, S. 37 ,Abb.9,S.77) ein Achsenknick des Radius in dorsal offenem Winkel und verzögerter Heilung der Fraktur sowie Pseudarthrose der Ulna - später durch die Feder geheilt - und insgesamt 7 Monate im Gipsverband (E).

3 Patienten mit Einschränkung einer Drehbewegung um ein Drittel und Behinderung im Handgelenk (F,G,H)

Zweimal war die Pronation betroffen, einmal die Supination. Exakte Stellung der Fragmente in einem Fall (F), alte loco-typico Fraktur des Radius mit Fehlstellung der distalen Gelenkfläche (G) und ein Fall mit Achsenknick der nicht versorgten Ulna mit nach dorsal offenem Winkel von 10^{o} und Subluxation des Ulnaköpfchens nach dorsal (H).

1 Patient mit Einschränkung der Pronation um die Hälfte, der Supination endgradig und Behinderung im Handgelenk(I)

Es handelt sich um eine zuerst in Fehlstellung mit starker Callusbildung geheilte Fraktur, zusätzlich Verdacht auf Brückencallus. Nach Osteotomie exakte Stellung der Fragmente.

1 Patient mit Einschränkung von Pro- und Supination um die Hälfte und Behinderung im Handgelenk (K)

Fall I, S. 36 ,Abb.10, S. 78 . Gips für 5 Monate insgesamt.

1 Patient mit Brückencallusbildung

Beschreibung S. 79 , Abb.11, S.79.

In einem Fall war die Streckung im Ellenbogengelenk eingeschränkt, in einem anderen Fall die Beugung im Ellenbogengelenk endgradig vermindert.
Wetterfühligkeit im Bereich des verletzten Armes bestand noch in 4 Fällen, Verminderung der groben Kraft in 3 Fällen und Taubheitsgefühl im Daumen und/oder Zeigefinger in 2 Fällen.

2. Zur Weiterbehandlung eingewiesene Unterarmschaftfrakturen und Heilstörungen nach Unterarmschaftfrakturen

Von 13 Patienten konnten lo (= 77%) nachuntersucht werden.

4 Patienten zeigten keinerlei Bewegungseinschränkung

Zweimal wurde eine anatomisch exakte Stellung erreicht, zweimal war es zu Seitenverschiebungen im Bereich der Radiusfraktur gekommen. Neben einer 19 Tage alten Fraktur in Fehlstellung und einer 3 Monate alten verzögerten Heilung hatte es sich um 2 je 5 Monate alte Heilstörungen gehandelt, und zwar eine Ulna- und eine Unterarmpseudarthrose.

3 Patienten mit endgradiger Einschränkung einer Drehbewegung, in 2 Fällen auch Bewegungsbehinderung im Handgelenk (L,N)

Zweimal war die Pronation, einmal die Supination eingeschränkt. Einmal war eine exakte Stellung erreicht worden, einmal verblieb eine Seitenverschiebung des distalen Radiusfragmentes um Corticalisbreite mit geringem Achsenknick und einmal eine Seitverschiebung der nicht versorgten Ulna. Es handelte sich um eine lo Wochen alte verzögerte Heilung, eine 5 Monate alte Unterarmpseudarthrose und eine ein Jahr alte Fehlstellung der Ulna mit Pseudarthrose des Radius (N).

3 Patienten mit stärkerer Einschränkung einer oder beider Drehbewegungen, in einem Fall Bewegungseinschränkung im Handgelenk

Es handelte sich um eine in exakter Stellung konsolidierte, zum Zeitpunkt der Operation 5 Monate alte Unterarmpseudarthrose, hier war die Supination um ein Drittel vermindert.

Bei einer jetzt mit Verdacht auf Rotationsfehlstellung knöchern durchbauten 16 Tage alten Unterarmfraktur waren Pronation und Supination um je ein Drittel vermindert.

Eine bereits viermal voroperierte Unterarmpseudarthrose, jetzt in exakter Stellung konsolidiert, wies eine Einschränkung der Pronation um die Hälfte, endgradige Einschränkung der Supination und Behinderung im Handgelenk auf (O).

In 4 Fällen bestand noch Wetterfühligkeit, dreimal Minderung der groben Kraft und zweimal taubes Gefühl in Daumen oder Zeigefinger.

3. Isolierte Radiusfrakturen

Von 7 Patienten konnten 4 (= 57%)nachuntersucht werden. Alle 4 Patienten zeigten keine Bewegungseinschränkung und klagten nicht über Beschwerden.

4. GALEAZZI-Frakturen und Radiusfrakturen mit Fraktur des Ulnaköpfchens

Von 8 Patienten konnten 6 nachuntersucht werden (=71%).

2 Patienten ohne Bewegungseinschränkung

Eine GALEAZZI-Fraktur mit nur geringer Seitenverschiebung des distalen Radiusfragmentes nach radial und eine Fraktur mit exakter Stellung des Radius und Dislo-

katio ad latus des Ulnaköpfchens um eine Schaftbreite.

1 Patient mit Bewegungsbehinderung nur im Handgelenk (P)

3 Patienten mit endgradiger Einschränkung beider Drehbewegungen und Bewegungseinschränkung im Handgelenk (Q,R,S)

Bei 2 GALEAZZI-Frakturen war es (Abb.6, S.75) zu einer Verkürzung des Radius bei sonst exakter Fragmentstellung bzw. leichtem Achsenknick gekommen. Neben den Einschränkungen der Drehbewegung lag in einem Fall eine deutliche Manus radioflexa vor (Q), im anderen Fall war die Ulnarabduktion im Handgelenk aufgehoben (R).

Im dritten Fall lag ein geringer Achsenknick des Radius in nach dorsal offenem Winkel vor, das Ulnaköpfchen war um halbe Schaftbreite ad latus verschoben. Die Patientin hatte schon früher einmal eine Radiusfraktur loco typico erlitten.

In einem Fall fand sich eine deutliche Minderung der groben Kraft, in 2 Fällen Taubheitsgefühl im Bereich des Daumenballens.

5. Isolierte Ulnafrakturen und Heilstörungen nach isolierten Ulnafrakturen

Von 6 Patienten konnten 4 (=67%) nachuntersucht werden.

Ein Fall zeigte keine Einschränkung der Beweglichkeit, einmal war die Streckung im Ellenbogengelenk vermindert und einmal war die Radialabduktion im Handgelenk um die Hälfte eingeschränkt.

In einemFall war die Supination um die Hälfte vermindert, auch wurde die volle Streckung im Ellenbogengelenk nicht erreicht. Es handelte sich um eine Pseudarthrose im proximalen Schaftdrittel, die nach Versorgung der Fraktur mit einer

A.O.-Platte entstanden war und durch Federosteosynthese zur Heilung kam.
In keinem Fall bestanden Minderungen der groben Kraft oder größere Beschwerden.

6. MONTEGGIA-Frakturen und Ulnafrakturen mit Fraktur des Radiusköpfchens ohne Luxation

Von 14 Patienten konnten lo (=71%) nachuntersucht werden.

1 Patient ohne Bewegungseinschränkung

Zustand nach MONTEGGIA-Fraktur, exakte Fragmentstellung.

2 Patienten mit endgradiger Einschränkung von Beugung und Streckung im Ellenbogengelenk

Frische und dreieinhalb Monate alte MONTEGGIA-Frakturen, exakte Fragmentstellung.

2 Patienten mit endgradiger Einschränkung der Pronation und Behinderung im Ellenbogengelenk

In einem Fall wurde das zertrümmerte Radiusköpfchen entfernt (1), im anderen verblieb bei ebenfalls exakter Stellung des Radius eine Subluxation des Radiusköpfchens (2).

3 Patienten mit endgradiger Einschränkung von Pro- und Supination und Einschränkung im Ellenbogengelenk

Es handelt sich bei diesen Frakturen um eine frische MONTEGGIA-Fraktur (4), eine 14 Jahre bestehende Ulnapseudarthrose, die jetzt mit der Feder versorgt wurde (3) und eine mit starkem Achsenknick der Ulna -

45° nach dorsal, Varusstellung von 3o° - geheilte Fraktur (5).

2 Patienten mit endgradiger Einschränkung der Pronation und der Supination um ein Drittel, in einem Fall auch im Ellenbogengelenk

Es waren eine bei Versorgung 5 Wochen alte MONTEGGIA-Fraktur, bei der zusätzlich das Radiusköpfchen entfernt wurde und eine frische MONTEGGIA-Fraktur (6).

Bei 2 Patienten war die grobe Kraft vermindert, dreimal bestand eine Wetterempfindlichkeit.

7. Frakturen bei Kindern

Von 3o Patienten konnten 23 nachuntersucht werden (=77%).

a) Radiusfrakturen

Beide Patienten zeigten keinerlei Einschränkung.

b) Radiusosteotomie

Einschränkung der Volarflexion um die Hälfte und der Pronation endgradig, Achsenknick des Radius von 25° nach dorsal und radial offenem Winkel.

c) Distale Querfrakturen beider Knochen

Alle 7 nachuntersuchten Patienten ohne Einschränkung der Beweglichkeit, in den anderen 3 Fällen war freie Beweglichkeit im Krankenblatt vermerkt worden.

d) Unterarmschaftfrakturen außer distalen Querfrakturen

Bei 13 nachuntersuchten Patienten wiesen lo eine freie Beweglichkeit auf, einmal war die Pronation, einmal die Ulnarabduktion endgradig eingeschränkt. Nur einmal war die Supination um ein Drittel und die Pronation endgradig behindert.

Durch eine Beugesehnenverletzung nach offener Fraktur war einmal die Beweglichkeit der Finger eingeschränkt, dreimal bestanden leichte Schmerzen im Narbenbereich.

Einschränkungen der Beweglichkeit im Handgelenk

	Volar- flexion	Dorsal-	Radial-	Ulnar- abduktion
A	1/3	-	-	1/2
B	E	1/3	-	-
C	E	E	-	E
D	1/2	E	-	E
E	-	1/2	1/2	1/2
F	-	1/2	-	1/2
G	1/2	1/3	-	E
H	-	E	-	E
I	-	1/3	-	-
K	1/2	-	-	1/2
L	E	E	-	-
N	-	-	1/3	1/2
O	-	E	E	E
P	E	-	-	-
Q	-	-	Manus Radioflexa	
R	1/3	-	-	=O
S	1/3	1/3	-	E

E = Endgradige Einschränkung

Einschränkung der Beweglichkeit im Ellenbogengelenk

Angegeben ist jeweils die Einschränkung von Beugung und Streckung auf der Seite der Fraktur verglichen mit der gesunden Seite (in Grad)

	Beugung	Streckung
1	-	E
2	45	E
3	E	E
4	E	3o
5	3o	4o
6	-	3o

V. D I S K U S S I O N

Die Indikation zur Osteosynthese wurde in unserem Krankengut nur dann als gegeben angesehen, wenn es nach Fall und Erfahrung wahrscheinlich erschien, daß die konservative Behandlung nicht ebenso rasch zum gleich guten Ergebnis führen würde. Die oft schwer zu erreichende Reposition und noch schwerer zu erreichende Retention, die Grundforderungen der Frakturbehandlung, zwingen oft zur Operation, so bei 33% der frischen Frakturen Erwachsener, aber nur 13% der frischen Frakturen bei Kindern.

Die bei Unterarmschaftfrakturen allen bekannte dürftige Callusbildung erfordert in der operativen Behandlung eine "stabile" Osteosynthese. Eine operative Reposition ohne Retention, wie sie beim Unterarm früher üblich war und Pseudarthrosen provozierte, ist heute nicht mehr zu verantworten.

Die Vielzahl der Frakturarten und Frakturkombinationen und darüber hinaus die Vielzahl der Osteosynthesemöglichkeiten machen die Auswertung der operativ behandelten 113 Fälle aus einem Krankengut von 439 Fällen schwierig und unübersichtlich.

Hierzu kommt die Tatsache, daß die Osteosyntheseverfahren sich im Verlauf der Jahre 1956 bis 1969 erheblich wandelten, so daß vor allem die A.O.-Methode nicht in dem Maße eingesetzt wurde, wie sie es gerade am Unterarm wohl verdient. Im Idealfall zwingt die A.O.-Platte die Fragmente in die ideale Reposition und nimmt dem Körper die Abstützung der Fragmente durch die ohnehin spärliche Callusbildung ab und ermöglicht die "primäre Knochenheilung". Dieses Verfahren ist gerade am Unterarm brauchbar, da diese Form der Plattenosteosynthese für die Funktion eines "geschonten" Armes

ausreichend stabil ist, während sie an der unteren Extremität weder am Femur noch an der Tibia eine frühzeitige Gehbelastung, wie sie z.B. nach der Marknagelung möglich ist, gestattet.

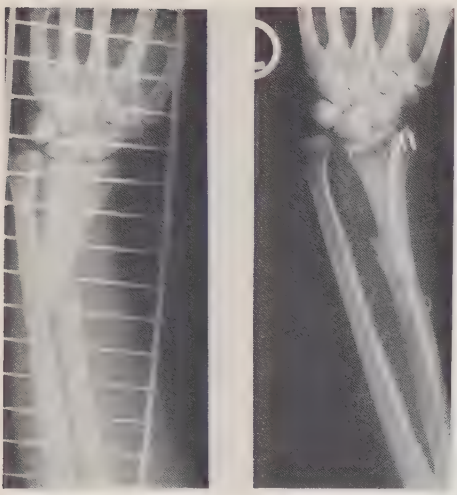
Zweckmäßig ist die möglichst frühzeitige Versorgung, wenn auch die Indikation zur Sofortversorgung in erster Linie bei der offenen Fraktur gegeben ist, bei 12 der 15 offenen Frakturen Erwachsener wurde zusammen mit der Wundversorgung die operative Stabilisierung durchgeführt. Die Versorgung nach einigen Tagen bedeutet bei geschlossener Fraktur fast nie Zeitverlust, nicht zuletzt weil Spannungsblasen, welche die Operationsmöglichkeit um Tage bis Wochen herausschieben können, so gut wie nie beobachtet werden.
Diejenigen Unterarmfrakturen beim Kind, welche dank des erhaltenen Periostschlauches ohne seitliche Verschiebung nur aufgerichtet werden müssen, werden nie operiert.

Die für das Kind typische handgelenknahe Unterarmfraktur ist ebenfalls konservativ gut zu beherrschen, wenn im Gipsverband nur ausreichend berücksichtigt wird, daß der Radius im Verband ohne ein entsprechendes Gegenlager fast stets nach dorsal abknickt. Derartig dislozierte nicht reponible Frakturen mußten operiert (1o Fälle), veraltete Frakturen osteotomiert werden.
Nur beim Kind wurde hier die Adaptationsosteosynthese durchgeführt, und zwar dann, wenn einer oder beide Knochen seitlich abgerutscht waren. Es wird zwecks Unverletztheit der Wachstumsfuge die Fraktur freigelegt und ein Stift wird frakturnahe schräg durch die Corticalis eingetrieben und über die Fraktur hinaus in den Markraum des anderen Fragmentes eingeführt (Abb.5, S.56). Hier verhindert er als Stift das erneute vollständige Abrutschen der Fragmente. Insgesamt wurde dieses Verfahren 3o mal durchgeführt, einige der Frakturen bei meist älteren Kin-

dern wurden auch mit langen RUSH-Pin's unter Schonung der Wachstumsfuge versorgt. Wenn beim Kind durch die operative Versorgung auch die Ulna in guter Stellung gehalten wird, dann verzichten wir auf die operative Versorgung der Ulna, so bei 19 der insgesamt 27 frischen Unterarmschaftfrakturen, da die nicht ausreichende Stabilität der Osteosynthese ohnehin eine Gipsbehandlung erforderlich macht, deren durchschnittliche Dauer 39,8 Tage bei den distalen Querfrakturen und 41 Tage bei den anderen Unterarmschaftfrakturen betrug.
Für die Versorgung der Schaftfrakturen des Unterarms bei Erwachsenen ist stets zu bedenken, daß der Radius der Strebepfeiler des Unterarmes ist, während an der Ulna bei allen Frakturen, die distal ihrer Mitte liegen, die Neigung des distalen Fragmentes durch Muskel- und Bandzug besteht, nach distal sich vorzuschieben. So ist der Radius stets durch einen Nagel oder RUSH-Pin zuverlässig versorgt, während die Elle bei allen Frakturen distal der Mitte bei offenen oder offen versorgten Frakturen mit Ellenfeder oder Druckplatte versorgt werden sollte.

Die GALEAZZI-Fraktur ist mit einem RUSH-Pin (offen) ausgezeichnet versorgt (4 Fälle), wobei besonders bei schräg verlaufenden Bruchspalten oder gesplitterter Corticalis auf exakte Längenverhältnisse von Radius und Ulna zu achten ist (Abb.6, S.75), während die MONTEGGIA-Fraktur am leichtesten und besten mit einem konischen Ellennagel versorgt ist (6 Fälle).

Bei fehlgeheilten Frakturen, in denen eine Achsenkorrektur erforderlich war, wurde die Helferich'sche Schrägosteotomie mit folgender Nagelung ausgeführt. Die schrägen Knochenwundflächen heilen am raschesten und verhindern jede schädliche Rotationskomponente in den Fällen - und das ist die Mehrzahl -, in denen es eine ideale Verklemmung zwischen Nagel und Markraum nicht gibt.

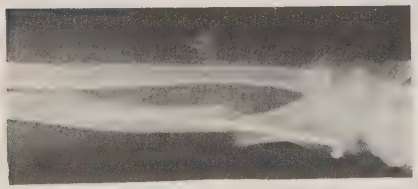


A B

Abb.6
GALEAZZI-Fraktur (a), Corticalis des Radius bei Einschlagen eines Nagels gesprengt, Fixation durch Drähte und Cerclage. Verkürzung des Radius, Ellenvorschub. (b) Funktionelles Resultat
S. 67 /

Ob offen oder geschlossen genagelt wird, richtet sich nach Art und Sitz der Fraktur und nach ihrem Alter, veraltete Schaftfrakturen (6) wurden in der überwiegenden Mehrzahl (5) offen versorgt. Von 13 proximal der Mitte gelegenen Ellenfrakturen - einschließlich MONTEGGIA-Frakturen - konnten 11 geschlossen genagelt werden, da die Seitenverschiebung meist unbedeutend ist. Bei den übrigen - frischen - Frakturen an der Elle gelang die geschlossene Reposition in 14 von 21 Fällen. Aus den vorher genannten Gründen bemühen wir uns an der Elle um eine geschlossene Reposition. Gelingt sie nicht, so sollte die eröffnete Fraktur mit intra- oder extraossärer Kompression versorgt werden. Am Radius haben wir keine Bedenken, die Fraktur zur Erleichterung der Versorgung offen zu reponieren. Längere Manipulationen mit Gefährdung der Asepsis durch Röntgendurchleuchtung sind schädlicher als die offene Reposition. So wurden 15 von 28 Radii bei Unterarmschaftfrakturen offen versorgt.

Bei allen Versorgungen der Radiusfrakturen darf niemals die Biegung des Nagels oder RUSH-Pin am handgelenknahen Ende kurz vor dem endgültigen Einschlagen vergessen werden, da sonst bei proximalen Frakturen das handgelenknahe Ende des Pin oder Nagels sich in das Handgelenk einarbeiten kann, bei distalen Frakturen eine nagelbedingte Dislokation des distalen Fragmentes entsteht (Abb.7 und 8; auch Abb.9, S.77).



A

B

Abb.7:
Nagelbedingte Zwangsstellung der Radiusfragmente durch den RUSH-Pin
Fraktur im Bereich des Ulnaköpfchens (a).
Durch Herausziehen, Biegen und Wiedereinführen des Pin Korrektur der Fehlstellung (b).

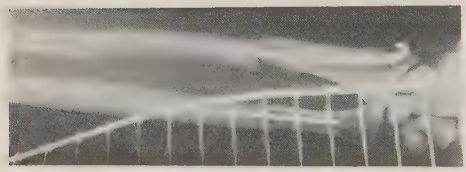
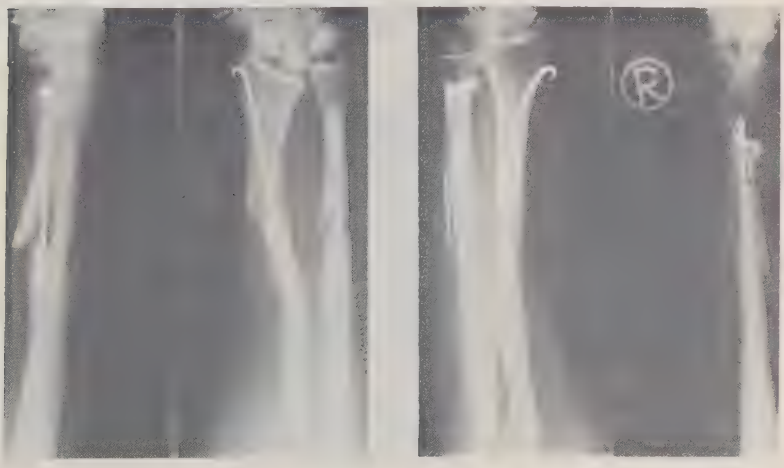


Abb.8:
Dislokatio ad latus des distalen Radiusfragmentes bei Versorgung der Fraktur mit einem RUSH-Pin.

Einige der offenen oder offen versorgten Ellenschaftfrakturen und fast alle Ellenpseudarthrosen - sofern nicht mit dem Nagel oder (s.u.) mit Span und Federkopfschrauben versorgt - wurden mit der Federschraube (6 Fälle) oder der Markraumfeder mit Zentralnagel (11 Fälle) versorgt. Unter zentralem Druck wurden alle Frakturen und Pseudarthrosen fest, das Nachspannen der Feder war einmal erforderlich. Die postoperative Ruhigstellung - meist auf der Cramerschiene - lag - bei intaktem oder ebenfalls stabil versorgtem Radius - bei durchschnittlich 9 Tagen.

Bei 3 Patienten beobachteten wir Störungen der Knochenbruchheilung. In jedem Fall handelte es sich um Unterarmfrakturen, in denen beide geschlossenen Frakturen offen versorgt wurden (2 Fälle), oder in dem es sich um eine offene Fraktur handelte. In allen 3 Fällen wurden die mit dem RUSH-Pin versorgten Ulnae pseudarthrotisch, zweimal durch insuffiziente Versorgung, einmal durch Infektion (s.Fall I-III, S.36).

Die in Schaftmitte gelegenen Pseudarthrosen konnten mit der Federosteosynthese durch Markraumfedern zur Heilung gebracht werden.



A B

b.9

Abb.9 a zeigt den Zustand nach der primären Versorgung der offenen Unterarmfraktur. Der Pin hat sich im distalen Fragment der Ulna festgefahren, es besteht eine Dehiszenz der Fraktur. Der fast gerade Pin im Radius bedingt einen Achsenknick.
Abb. 9 b demonstriert die Fragmentstellung der Radiusfraktur nach Herausziehen, Nachbiegen und Wiedereinschlagen des Pin sowie nach Versorgung der Ulna mit Markraumfeder und Zentralnagel. Zur Fixation des Federdrahtes wurde quer durch das distale Fragment eine Schraube gedreht.

Distal gelegene Ellenpseudarthrosen wurden in unserem Krankengut mit einem autologen Beckenkammspan versorgt, fixiert mit Federkopfschrauben oder Corticalisschrauben. In dem auf den Röntgenbildern der Abb.10 gezeigten Fall handelt es sich um eine primär offen versorgte Fraktur, an der Elle unzureichend mit einem RUSH-Pin versorgt, der das distale Fragment nicht erfaßt hatte, so daß es zu erheblichem Vorschub der Elle mit Pseudarthrose kam. Hier mußte die Pseudarthrose zur Beseitigung des Ellenvorschubes reseziert werden und mit fixierendem Span versorgt werden. Eine zentrale Federversorgung war wegen des kurzen distalen Fragmentes nicht möglich.

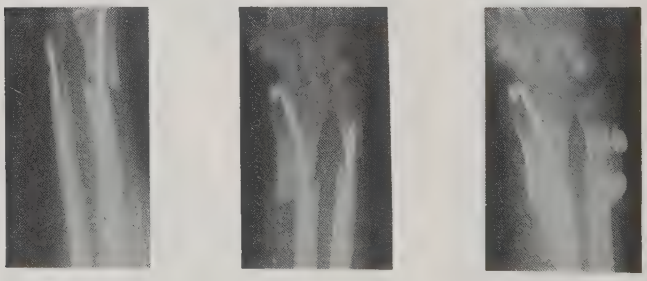
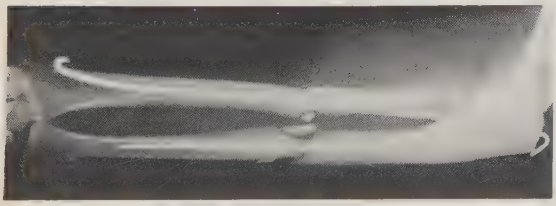


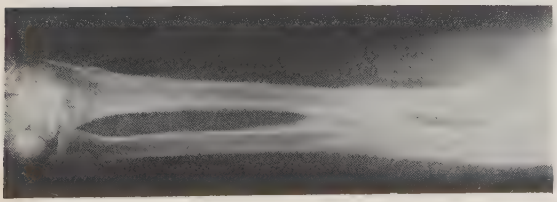
Abb.1o

Abb.10a zeigt den Zustand unmittelbar nach der Versorgung, deutlich erkennbar die Dehiszenz von Radius und Ulna.
Auf der Abb.10b sind die Radiusfragmente zusammengerutscht, der Radius ist verkürzt und wahrscheinlich rotiert, erkennbar durch Vergleich der Schaftdurchmesser der beiden Fragmente bei dieser distalen Fraktur, so wie von TROJAN(1953) beschrieben. Der Mechanismus einer Verkürzung des Radius mit Achsenknick und folgendem Vorschub der Elle wurde von POIGENFÜRST (1965) beschrieben.
Abb.10c zeigt den Zustand nach der endgültigen Versorgung der Fraktur.

Ein Brückencallus trat einmal auf. Es handelt sich um - teilweise intraoperativ - gesplitterte Frakturen auf gleicher Höhe mit kleinen Fragmenten zwischen den mit RUSH-Pin und KIRSCHNER-Draht versorgten Frakturen (Abb.11). Die in der Literatur angegebenen Bedingungen (HOFMANN,1964) für das Auftreten eines Brückencallus waren gegeben, es bestand eine "Kontinuität der Frakturräume" beider Frakturen (MAATZ, 1967).



A



B

Abb.11
Unterarmschaftfraktur bei 63-jähriger Patientin.

Abb.11a zeigt die Fraktur nach Versorgung des Radius mit einem RUSH-Pin und der Ulna - bei der zuvor mit einem RUSH-Pin die Corticalis gesprengt worden war -

mit einem KIRSCHNER-Draht und einer Cerclage. Neben der Bildung von mehreren kleinen Fragmenten im Frakturbereich besteht ein Achsenknick des Radius im Sinn der Biegung des Pin (HACKETHAL,1957) und entgegen der normalen Krümmung des Radiusschaftes (SAGE,1959).
Abb.11b demonstriert den Zustand nach 3 Jahren: Ausbildung eines Brückencallus.

Von 113 Patienten mit den verschiedenen Frakturen und Heilstörungen konnten 82 (=72%) nachuntersucht werden. Bei den - mit 25 nachuntersuchten Patienten - zu 71,5% kontrollierten frischen offenen und geschlossenen Unterarmschaftfrakturen bei Erwachsenen handelt es sich um die stärkste Gruppe, gefolgt von den 23 nachuntersuchten Kindern, die 77% der insgesamt bei Kindern operativ versorgten Unterarmfrakturen darstellen.
Die beiden operativ versorgten Radiusfrakturen bei Kindern konnten nachuntersucht werden. Die Patienten waren bei freier Beweglichkeit des ehemals frakturierten Unterarmes beschwerdefrei. In einem Fall war bei der vier Jahre zuvor durchgeführten Adaptationsosteosynthese der distalen Radiusfraktur ein Achsenknick von 25^{o} verblieben. Bei der anläßlich der Nachuntersuchung durchgeführten Röntgenkontrolle war der Achsenknick fast völlig ausgeglichen, der Patient war jetzt 15 Jahre alt.

Die 7 nachuntersuchten Kinder mit typischen distalen Querfrakturen beider Knochen waren beschwerdefrei und ohne Bewegungsbehinderung, in 3 weiteren Fällen war durch Notizen in den Krankenpapieren ebenfalls eine freie Beweglichkeit bestätigt, so daß die Gruppe der distalen Querfrakturen bei Kindern vollständig erfaßt ist. Die bei einigen Frakturen verbliebenen Achsenfehlstellungen von bis zu 10^{o} können wohl bei den in dieser Gruppe durchschnittlich 8,5 Jahre alten Patienten und der distalen Lokalisation der

Verletzungen durch das Wachstum ausgeglichen werden; nach Ansicht von BUCK et al.,1965, zeigt die distale Fraktur bei niedrigem Alter des Kindes am ehesten einen Ausgleich einer Fehlstellung durch das Wachstum.

Von 13 Kindern mit anderen konsilidierten Schaftfrakturen des Unterarmes waren lo Patienten bis auf Schmerzen im Narbenbereich in 2 Fällen beschwerdefrei, einmal war die Pronation endgradig eingeschränkt, einmal die Ulnarabduktion bei gleichzeitiger Sehnenverletzung nach offener Fraktur, geringfügig behindert und nur einmal dieSupination um ein Drittel, die Pronation endgradig eingeschränkt. Der Patient gab an, diese Behinderung nur "manchmal beim Kugelstoßen" zu bemerken.
Somit sind bei 23 erfaßten Unterarmschaftfrakturen bei Kindern 2o (=87%) ohne Bewegungsbehinderung und nennenswerte Beschwerden. Über ähnlich gute Resultate nach offener Drahtung bei Kindern berichtet SCHÄFER (1965), von 21 Patienten wiesen nur 5 leichte Restzustände auf.
Von 25 nachuntersuchten Erwachsenen mit frischen oder geschlossenen Unterarmschaftfrakturen zeigten 8 keinerlei Bewegungseinschränkungen oder Beschwerden (32%). Bei 4 dieser Patienten war - wie auch bei zahlreichen anderen mit dem RUSH-Pin versorgten Radiusfrakturen an der distalen Drittelgrenze - eine Seitenverschiebung des distalen Fragmentes nach radial feststellbar (Abb.8,S.76). Diese geringen Fehlstellungen finden sich insgesamt sowohl bei Patienten mit freier Funktion wie auch bei Patienten mit Bewegungsbehinderungen.(In allen Gruppen über das gesamte Material verteilt.)
Bei 2 Patienten (8%) bestand nur eine Bewegungsbehinderung im Handgelenk, die allerdings nach Art und Anamnese auch von anderen oder älteren Verletzungen herrühren konnte.

In weiteren 8 (32%) Fällen war eine endgradige, den Patienten im täglichen Leben fast nicht behindernde Einschränkung einer oder beider Drehbewegungen feststellbar, dazu in einigen Fällen eine Bewegungseinschränkung im Handgelenk.
In 4 Fällen (16%) bestand eine Einschränkung einer Drehbewegung um ein Drittel, Pro- und Supination waren je zweimal betroffen. In einem Fall könnte die Einschränkung der Supination durch eine Rotationsfehlstellung der Fragmente einer Fraktur an der proximalen Drittelgrenze bedingt sein, das Röntgenbild liefert einen entsprechenden Befund. Von 3 Patienten mit Einschränkungen im Handgelenk hatte einer schon früher eine Radiusfraktur loco-typico erlitten, die mit Fehlstellung der distalen Gelenkfläche des Radius verheilt war, im anderen Fall bestand eine Subluxation des Ulnaköpfchens nach dorsal, hier war die Dorsalflexion im Handgelenk vermindert.

Einschränkungen einer oder beider Drehbewegungen um mindestens die Hälfte waren bedingt in einem Fall durch Brückencallusbildung (Abb.11, S.79), im zweiten Fall durch eine zuerst in Fehlstellung unter starker Callusbildung geheilte Fraktur, wobei zu diesem Zeitpunkt röntgenologischerseits schon der Verdacht auf eine Brückencallusbildung geäußert wurde. Nach Osteotomie und Versorgung heilte die Fraktur in achsengerechter Stellung, es verblieb die Bewegungsbehinderung, wohl bedingt durch die beachtlichen Callusmassen. Im drittel Fall (Abb.10, S.78) bestand als sichtbare Fehlstellung ein Rotationsfehler des distalen Radius.

Störungen der Beweglichkeit im Ellenbogengelenk fanden sich nur in einem Fall, die grobe Kraft war in 3 Fällen vermindert, allerdings bestanden dann in diesen Fällen auch stärkere Bewegungseinschränkungen. Ähnlich der Mitteilung von MITTELBACH u. BUSCHMANN (1967) bestand auch hier in 2 Fällen ein Taubheitsgefühl im sensiblen Radialisbereich.
Bei den mit 10 Patienten zu 77% nachuntersuchten auswärts

vorbehandelten veralteten Frakturen und Pseudarthrosen zeigten 4 Patienten (=4o%) keinerlei Behinderung, 3 Patienten (=3o%) wiesen endgradige Einschränkungen einer oder beider Drehbewegungen und im Handgelenk auf. Bei den restlichen 3 Patienten konnten stärkere Einschränkungen der Drehbewegungen festgestellt werden, darunter allerdings bei einer viermal voroperierten Fraktur, die zudem noch postoperativ 3 Monate ruhiggestellt werden mußte und einer in Rotationsfehlstellung verheilten Fraktur. Auch in dieser Gruppe fand sich in einigen Fällen ein Taubheitsgefühl in Daumen und Zeigefinger oder eine Minderung der groben Kraft (3 mal).

Im Vergleich mit der Gruppe der frischen Unterarmschaftfrakturen, die ja auch die Resultate der im eigenen Krankengut entstandenen Heilstörungen einschließlich Brückencallus und korrigierte starke Fehlstellungen enthält, zeigt sich, daß in beiden Gruppen etwa je ein Drittel der nachuntersuchten Patienten beschwerdefrei, leicht behindert und stärker behindert ist.
Zudem zeigen die nachbehandelten Frakturen einen günstigeren Altersdurchschnitt (31,5 Jahre) und die hier meist angewandte Osteosynthese - wenn auch mit größerem technischen Aufwand verbunden - erlaubt eine nur kurze Ruhigstellung und - wie von LEITZ (1965) gefordert - eine frühzeitige Übungsbehandlung.

Bei den mit 6 Fällen zu 71% nachuntersuchten GALEAZZI - Frakturen und Radiusfrakturen mit Fraktur des Ulnaköpfchens bestand in einem Fall nur eine Behinderung im Handgelenk. In 3 Fällen zeigten sich jedoch Einschränkungen der Drehbewegungen und auch der Beweglichkeit im Handgelenk, darunter bei 2 GALEAZZI-Frakturen, bei denen es zu einer Verkürzung des Radius und damit zu einem Ellenvorschub gekommen war. BÖHLER (1965) berichtet über ähnliche Komplikationen nach Markdrahtung, - wie sie auch in einem

unserer Fälle vorgenommen wurde.- Eine Behinderung der Pro-Supinationsbewegung bei Ellenvorschub, wie von RESKE (1955) beschrieben, findet sich in beiden in Fehlstellung konsolidierten Fällen, in einem Fall auch eine Minderung der groben Kraft.

Die 4 nachuntersuchten isolierten Radiusfrakturen waren knöchern konsolidiert, die Patienten waren beschwerdefrei, bei ebenfalls 4 nachuntersuchten isolierten Ulnafrakturen, die meist erst als verzögerte Heilungen oder von auswärts eingewiesene Pseudarthrose operativ behandelt wurden, war ein Patient beschwerdefrei, 2 zeigten leichte Einschränkungen in Hand- oder Ellenbogengelenk und nur einmal war die Supination um ein Drittel vermindert. Diese Fraktur war 1 Jahr zuvor schon mit einer A.O.-Platte versorgt worden.

10 Patienten mit MONTEGGIA-Frakturen - damit 71% dieser Frakturen - konnten kontrolliert werden, darunter 3, die mit 5 Wochen bis 14 Jahren alten Heilstörungen eingewiesen wurden. Nur ein Patient war beschwerdefrei und zeigte keine Behinderung, in allen anderen Fällen bestand - mit einer Ausnahme - mindestens eine Bewegungseinschränkung im Ellenbogengelenk, in einem Fall wohl bedingt durch einen Achsenknick der Ulna von 45^{o} nach dorsal und einer Varusstellung von 30^{o}. Die Drehbewegungen waren in 5 Fällen endgradig behindert, davon zweimal nur die Pronation, und in 2 Fällen bestanden endgradige Einschränkungen der Pronation, und die Supination war um ein Drittel vermindert. In 3 Fällen war das Radiusköpfchen entfernt worden, Bewegungsbehinderungen oder Beschwerden im Bereich des Handgelenkes bestanden nicht.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Es wird berichtet über 113 operativ behandelte Unterarmfrakturen aus einem Krankengut von 439 Fällen der Jahre 1956 bis 1969.
Von 226 frischen Frakturen bei Kindern wurden 28 (=13%) operativ versorgt, von 192 Frakturen Erwachsener wurde in 62 Fällen (=33%) eine Osteosynthese durchgeführt. Hierbei handelt es sich in erster Linie um 35 frische Schaftfrakturen, von denen 15 (=43%) offen waren, daneben aber auch um isolierte Radiusfrakturen (7), Ulnafrakturen (3), GALEAZZI- und Radiusfrakturen mit Läsion des Ulnaköpfchens ohne Luxation (8) und MONTEGGIA-Frakturen oder Brüche der Elle mit Läsion des Radiusköpfchens (11).

21 Frakturen wurden wegen Heilstörungen, verzögerten Heilungen in Fehlstellung oder Pseudarthrosen eingewiesen.

Die Jahre 1956 bis 1969 ergaben die Erfahrung, daß es zweckmäßig ist, den Radius mit einem RUSH-Pin (offen oder geschlossen) zu versorgen. Die Elle sollte wegen ihrer Neigung zum distalen Vorschub mit Pseudarthroseneigung entweder geschlossen versorgt werden oder bei offener Fraktur oder offener Versorgung einer geschlossenen Fraktur mit einer Druckosteosynthese (intraossär Ellenfeder oder extraossär A.O.-Platte).
Bei geschlossen versorgten geschlossenen Schaftfrakturen der Knochen am Unterarm trat keine, bei offen versorgten geschlossenen Frakturen hatten wir einmal eine Infektion am Knochen, diese Entzündung blieb auf die Fraktur beschränkt und Sequester bildeten sich nicht. Bei offenen Frakturen stellte sich keine Infektion am Knochen ein.

Das Ausbleiben der knöchernen Heilung trat dreimal an der Elle ein, und zwar zweimal nach insuffizienter Versorgung einer offenen und einer offen versorgten Unterarmschaftfraktur und einmal bei Infektion.

Die so im Krankengut entstandenen und die von auswärts eingewiesenen Ellenpseudarthrosen konnten mit Ellenfedern oder - bei distal gelegenen Frakturen - mit autologem Span zur Heilung gebracht werden.
72% aller Patienten konnten nachuntersucht werden.
In der Gruppe der Unterarmschaftfrakturen Erwachsener(25) waren die Patienten zu je einem Drittel beschwerdefrei bei freier Beweglichkeit, wiesen nur geringe Bewegungseinschränkungen auf oder zeigten stärkere Bewegungseinschränkungen um mindestens ein Drittel oder die Hälfte der Drehbewegungen, darunter ein Fall von Brückencallus. Ein ähnliches Verhältnis zeigt sich bei den zugewiesenen veralteten Frakturen oder Pseudarthrosen (lo).
Dagegen bestanden bei 23 erfaßten Schaftfrakturen bei Kindern leichte Bewegungseinschränkungen nur in 3 Fällen.

VII. L I T E R A T U R

AICHNER,H.

Behandlungsergebnisse nach der gedeckten Markdrahtung frischer, unstabiler Vorderarmbrüche.

Mschr.Unfallheilk. 68, 45-5o (1965)

AICHNER,H., G.RUPP

Die gedeckte Markdrahtung frischer, unstabiler, geschlossener Schaftbrüche des Vorderarmes.

Chir.Prax. 4, 55-6o (196o)

ALLGÖWER,M., G.SEGMÜLLER

Realität und Relativität der primären Knochenheilung.

Chir. 36, 5o4-5o7 (1964)

BLOCH,H.R.

Die Druckplattenosteosynthese der Vorderarmschaftfrakturen.

Helv.chir.acta 3o, 98-1o2 (1963)

BLOUNT,W.P.

Knochenbrüche bei Kindern.
Thieme-Verlag Stuttgart (1957)

BÖHLER,J.

Die Behandlung der Vorderarmschaftbrüche Erwachsener.

Hefte Unfallheilk. 89, 19-23 (1965)

BSTEH,O.

Markdraht zur Behandlung von Vorderarmbrüchen.

Wien.klin.Wschr. 59, 272-273 (1947)

BUCK,P., J.FOLSCHVEILLER, G.JENNY

Über die Behandlung von 376 Vorderarmschaftbrüchen bei Kindern.
Hefte Unfallheilk. 89, 51-54 (1965)

CHIARI,H., H.SPÄNGLER

Zur offenen Markdrahtung von Unterarmfrakturen.

Arch.orthop.Unfall-Chir. 52, 14-26 (1961/61)

DANIS,R.

Théorie et pratique de l'ostéosynthèse

Masson et Cie, Paris 1949

EDWARDS,P-

Internal fixation with Rush-Pin.

Acta chir.scand. 117, 48o-493 (1959)

v.ELMENDORFF,H., W.HUPFAUER, J.KRAPP

Konservative und operative Behandlung von Unterarmschaftbrüchen.

Chir. 42, 27o-274 (1971)

FUCHS,G.

Behandlung der gelenknahen Frakturen mit dem Rush-Pin.

Chir. 32, 475-479 (1961)

FUCHS,G.

Die Behandlung der Vorderarmschaftbrüche nach Rush(Ein 12-Jahresbericht)

Hefte Unfallheilk. 89, 26-29 (1965)

FUCHS,G., A.NIKFETRAT

Zur dynamischen Osteosynthese unstabiler Vorderarmfrakturen.

Chir. 34, 25-27 (1963)

GALEAZZI,R.

Über ein besonderes Syndrom bei Verletzungen im Bereich der Unterarmknochen.

Arch.orthop.Unfall-Chir. 35, 557 (1935)

GHERLINZONI,G.

Osteosynthese der Vorderarmknochen mit dem Street-Nagel.

Hefte Unfallheilk. 89, 24-26 (1965)

GRIESSMANN,H.

Marknagelung bei Unterarmpseudarthrosen.

Hefte Unfallheilk. 4o, 44-5o (1951)

HACKETHAL,K.H.

Küntscher oder Rush-Nagelung.

Lang.Arch.Klin.Chir. 287, 7o3-7o9 (1957)

HOFMANN,W.

Zur Brückenbildung bei Unterarmschaftfrakturen.

Zbl.Chir. 89, 19o5-19o8 (1964)

ILLES,T.

Einige Ursachen und Versorgung der in Fehlstellung Vorderarmschaftbrüche.

Hefte Unfallheilk. 89, 81-84 (1965)

JINKINS,W.J., L.D.LOCKHART, G.W.N.EGGERS

Fractures of the forearm in adults.

Sth.med.J. 53, 669-679 (196o)

JUNGE, H.,F.KRÜGER

Intramedullare Kompressionsosteosynthese mittels Federkraft an der oberen Extremität.

Bruns.Beitr. 219, 336-343 (1972)

KNOBLOCH,J., F.MACH

Erfahrungen mit der Behandlung frischer, geschlossener Vorderarmschaftbrüche.

Hefte Unfallheilk. 89, 36-38 (1965)

KOSLOWSKI,L.
Frakturbehandlung mit dem Rush-Federstab, Möglichkeiten und Grenzen.
Chir. 29, 1o8-115 (1958)

KÜNTSCHER,G.
Das Aufweiten der Markhöhle bei der Behandlung der Pseudarthrose und der frischen Fraktur.
Chir. 25, 2o9-213 (1954)

KÜNTSCHER,G.
Die Behandlung der Unterarmpseudarthrose.
Chir. 32, 37-44 (1961)

KÜNTSCHER,G.
Praxis der Marknagelung.
Schattuaer-Verlag Stuttgart, 1962

KÜNTSCHER,G.
Primäre Knochenheilung.
Lang.Arch.klin.Chir. 3o8, 452 -457 (1964)

KÜNTSCHER,G.
Die Behandlung der Pseudarthrose des Unterarmes.
Hefte Unfallheilk. 89, 85-87 (1965)

KÜNTSCHER,G.
Das Callusproblem.
Ferd.Enke-Verlag Stuttgart, 197o

LOB,A.
Die Behandlung der Vorderarmschaftpseudarthrose.
Hefte Unfallheilk. 89, 88-9o (1965)

LEITZ,G.
In Fehlstellung verheilte Vorderarmschaftbrüche.
Hefte Unfallheilk. 89, 77-8o (1965)

MAATZ,R.
Die Küntscher-Nagelung der Unterarmfrakturen.
Chir. 15, 278-28o (1943)

MAATZ,R.
Über die Formschlüssigkeit bei der Küntscher-Nagelung.
Zbl.Chir. 7o, 1641 (1943)

MAATZ,R.
Über Ursachen und Verhütung der Ellenpseudarthrose.
Chir. 2o, 287-289 (1949)

MAATZ,R.
Die Wundmechanik bei der Federosteosynthese.
Z.Orthop. 8o, 643 (1951/51)

MAATZ,R.
835 Marknagelungen.
Hefte Unfallheilk. 4o, 1-23 (1951)

MAATZ,R.
Indikationsstellung.
Hefte Unfallheilk. 4o, 81-83 (1951)

MAATZ,R.
Federosteosynthese.
Verlag Karl Jansen Kiel, 1951

MAATZ,R.
Osteosynthese an der Elle.
Chir. 28, 24-27 (1957)

MAATZ,R.
in: Wanke,R., R.Maatz, H.Junge, W.Lentz
"Knochenbrüche und Verrenkungen"
"Brüche und Verrenkungen der oberen Extremität"
Urban u.Schwarzenberg Berlin, 1967

MAATZ,R.
in: Fischer,A.W., R.Herget, G.Molineus
"Der ärztliche Gutachter im Versicherungswesen.
Die Beurteilung der Unfallfolgen nach Knochenbrüchen
und Verletzungen im Bereich der Gliedmaßen".

Joh.Ambr.Barth München, 1969

MAATZ,R. und K.HAASCH
in: Diethelm,L., O.Olsson, F.Strnad, H.Vieten,
A.Zuppinger

Handbuch der Medizinischen Radiologie.
Vorgänge bei der Bruchheilung und Pseudarthrosen-
entstehung.

Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York,
Band IV,1, 54o-677 (197o)

MATTI,H.

Knochenbrüche und ihre Behandlung.
Band I u.II.
Springer-Verlag, Berlin 1918

MAURATH,J., KÖBLER, CHRIST

Kritische Betrachtungen zur Osteosynthese mit dem
Rush-Pin bei Schaftfrakturen.

Arch.orthop.Unfall-Chir. 54, 347-356 (1962)

MITTELBACH,H.R., A.BUSCHMANN

Vorderarmschaftbrüche.

Chir. 38, 3o6-313 (1967)

MÜLLER,M.E.

Die Vorderarmschaftfrakturen.

Hefte Unfallheilk. 89, 1-16 (1965)

MÜLLER,M.E., M.ALLGÖWER, H.WILLENEGGER

Technik der operativen Frakturenbehandlung.

Springer-Verlag Heidelberg, 1963

MÜLLER,M.E., M.ALLGÖWER, H.WILLENEGGER
Manual der Osteosynthese.
Springer-Verlag Heidelberg, 1969

NEUDEL,G.
Über die Behandlung der kompletten Unterarmfraktur.
Beitr.Orthop. 1o, 358-367 (1963)

NIGST,H.
Spezielle Frakturen und Luxationslehre.
Thieme-Verlag Stuttgart, 1965

PEITSCH,H.
Frakturbehandlung mit der intramedullären Frakturfixation n.Rush.
Mschr.Unfallheilk. 62, 368-376 (1959)

POIGENFÜRST,J.
Frische geschlossene Vorderarmschaftbrüche
Bericht von der I.Tagung der oesterreichischen Ges.f.Unfallheilkunde, Salzburg 1965
Hefte Unfallheilk. 89, 62-63 (1965)

REHM.J., D.UEBING
Die Behandlung von Frakturen langer Röhrenknochen mit dem Marknagel nach Küntscher.
Arch.orthop.Unfall-Chir. 55, 82-1o9 (1963)

RESKE,W.
Über die axiale Luxation im distalen Radioulnargelenk.
Mschr. Unfallheilk. 58, 51-58 (1955)

RIEUNAU,G.
Manuel de Traumatologie
Masson et Cie, Paris 1964

ROSSAK,K.

Vorderarmschaftpseudarthrosen
Bericht über die I.Tagung der oesterreichischen Ges.f.Unfallheilkunde, Salzburg 1965

Hefte Unfallheilk. 89, 1o5 (1965)

RUSH,L.V., H.GELBKE

Atlas der intramedullären Frakturfixation.

Joh.Ambr.Barth München, 1957

RUSSE,O.

Erfahrungen mit der Druckplatte bei veralteten Brüchen und Pseudarthrosen des Vorderarmes.

Hefte Unfallheilk. 89, 96-98 (1965)

SAEGESSER,M.

Spezielle chirurgische Therapie.

Med.Verlag Hans Huber Bern-Stuttgart (1963), 7.Auflage

SAGE,F.P.

Medullary Fixation of the fractures of the forearm.

J.B.Jt.Surg. 41A, 1489-1515 (1959)

SCHENK,R., H.WILLENEGGER

Zur Histologie der primären Knochenheilung.

Lang.Arch.klin.Chir. 3o8, 44o-451 (1964)

SCHÄFER,

Frische geschlossene Vorderarmschaftbrüche

Bericht über die I.Tagung der oesterreichischen Ges.f.Unfallheilkunde, Salzburg 1965

Hefte Unfallheilk. 89, 58-59 (1965)

SCHLOSSER,V.

Traumatologie.

Thieme-Verlag Stuttgart, 1971

SEEHOLZER,A., M.LAUBER

Die Behandlung der Vorderarmschaftpseudarthrosen mittels Küntscher-Marknagelung.

Hefte Unfallheilk. 89, 101-103 (1965)

SEIFFERT,K.E.

Zur operativen Behandlung der Unterarmschaftbrüche.

Bruns.Beitr. 204, 210-224 (1962)

SEYFFARTH,G.

Die Refraktur am kindlichen Vorderarm.

Mschr. Unfallheilk. 69, 525-530 (1966)

SOEUR,R.

Indications chirurgicales dans les séquelles des fractures diaphysaires de l'avant-bras.

Acta orthop.belg. 26, 284-296 (1960)

SPIER,H.W.

Die operative Behandlung des Ulnavorschubes.

Mschr.Unfallheilk. 69, 257-261 (1966)

THOMSEN,W.

Über Spätfolgen nach Verletzungen der Unterarmknochen, insbesondere des Radius.

Arch.orthop.Unfall-Chir. 36, 580 (1936)

TROJAN,E.

Die Behandlungsergebnisse von 277 frischen geschlossenen Schaftbrüchen beider Vorderarmknochen.

Hefte Unfallheilk. 46, 140-209 (1953)

WATSON-JONES,S.R.

Fractures and joint injuries.

E.S.Livingstone, Edinburgh and London, 1957

WILHELM,K., F.L.RUEFF

Die operative Versorgung von Unterarmschaftfrakturen.

Arch.orthop. Unfall-Chir. 7o, 215-229 (1971)

WILLENEGGER,H., S.M.PERREN, R.SCHENK

Primäre und sekundäre Knochenbruchheilung.

Chir. 42, 241-251 (1971)

ZEUMER,G.

Möglichkeiten und Grenzen der dynamischen Fixation bei der operativen Versorgung gelenknaher Frakturen.

Beitr.Orthop. 1o, 8o6-815 (1963)

Herrn Professor Dr.med.R. M a a t z möchte
ich hiermit für die Überlassung des Themas,
sowie für die Unterstützung und das anhalten-
de Interesse an der Arbeit herzlich danken.

Lebenslauf

Am 1.3.1945 wurde ich, Volker Zastrow, als Sohn des Dr. phil. Siegfried Zastrow und seiner Ehefrau Johanna geb. Grell, in Flensburg geboren.
Nach dem Besuch der Grundschule und des Französischen Gymnasiums in Berlin legte ich im Frühjahr 1964 die Reifeprüfung ab.
Im Sommersemester 1964 begann ich mein Medizinstudium an der medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin. Die gesamte Studienzeit verbrachte ich in Berlin, in den Sommerferien der klinischen Semester famulierte ich in Heidelberg, Toulouse und Montpellier. Am 12.2.197o bestand ich das medizinische Staatsexamen in Berlin.

Von Mai bis August 197o war ich Medizinalassistent an der Chirurgischen Abteilung des Städt.Auguste-Viktoria-Krankenhauses in Berlin, anschließend absolvierte ich die interne Pflichtzeit im Städt.Humboldt-Krankenhaus. Von Januar bis April 1971 war ich an der Hals-Nasen-Ohren-Abteilung des Klinikums Westend tätig.
Seit dem 1.6.1971 bin ich Assistenzarzt an der Chirurgischen Abteilung des Städt.Auguste-Viktoria-Krankenhauses.